





# عناصر الكون

تأليف: إسحق أديموث  
ترجمة الدكتور محمد الشحات

الناشر  
دار النهضة العربية  
٢٤ شارع عبد الحافظ نروني  
ن ٧٦١٣١ - القاهرة

**©** COPYRIGHT 1957, 1961, BY ISAAC ASIMOV

**BUILDING BLOCKS OF THE UNIVERSE**

**PUBLISHED BY ABELARD-SCHUMAN, NEW YORK**

## محتويات الكتاب

### الصفحة

٥	عميد	: المائة واثنان
١٢	الفصل الأول	: الأكيجين : العنصر الذي تلتفسه
٢٥	الفصل الثاني	: الأيدروجين : أخف العناصر
٣٧	الفصل الثالث	: النيتروجين : العنصر العديم الحياة
٤٩	الفصل الرابع	: الهيليوم : العنصر ذو الاكتفاء التام
٥٩	الفصل الخامس	: الكربون : عنصر الحياة
٧٧	الفصل السادس	: السيليكون : عنصر التربة
٨٧	الفصل السابع	: الكلور : العنصر الأخضر
١٠٣	الفصل الثامن	: الكبريت : العنصر الأصفر
١١٣	الفصل التاسع	: الفوسفور : العنصر المضيء
١٢٣	الفصل العاشر	: الألومنيوم : عنصر المطايخ
١٣٧	الفصل الحادي عشر	: الحديد : العنصر القوي
١٥٣	الفصل الثاني عشر	: الصوديوم والبوتاسيوم : العنصران النشيطان
١٦٧	الفصل الثالث عشر	: الكالسيوم : عنصر النظام
١٧٩	الفصل الرابع عشر	: الماغنسيوم : العنصر القابل للاشتعال
١٩١	الفصل الخامس عشر	: النحاس والذهب والفضة : عناصر العود
٢٠٥	الفصل السادس عشر	: البلاتين : العنصر النبيل

## الصفحة

٢١٣	الفصل السابع عشر : القصدير والرصاص : عنصر صناعة التعليب والرسم
٢٢٥	الفصل الثامن عشر : الزئبق : العنصر السائل
٢٣٧	الفصل التاسع عشر : الكروم : عنصر اللون
٢٤٥	الفصل العشرون : التيتانيوم : العنصر صاحب المستقبل
٢٥٥	الفصل الواحد والعشرون : البورون : عنصر الصحراء
٢٦٣	الفصل الثاني والعشرون : الليثيوم : العنصر الاسكتدينافي
٢٧٣	الفصل الثالث والعشرون : اليورانيوم : العنصر الغير مستقر

# تمهيد

## المائة واثنان

عندما يتحدث العلماء عن المادة ، فإنهم يعنون كل ما له وزن : الصخرة ، أو الكائن الحى ، أو الكتاب ، أو كمية من ماء البحر ، أو العربة . بل إن أى شئ تذكره ، بما فى ذلك القمر والنجوم ، إنما يعتبر مادة — فحتى الهواء له وزن : إذن فهو مادة (ولكن الضوء والحرارة والأشعة السينية وموجات الكهرباء ، ليس لها وزن — وبالتالي فإنها ليست مواد) .

وتتكون كل المواد من جسيمات صغيرة ، وهى من الصغر بحيث لا يمكن رؤيتها حتى بأى ميكروسكوب اكتشف حتى الآن ... وهى تسمى «النرات» . ويبدو إذا نظرنا حولنا أن هناك آلافاً من الأنواع المختلفة من المادة فى العالم . ولكننا ندهش عندما نعرف أن عدد الأنواع المختلفة من النرات التى تتكونها ليس بالكثير — إذ أن الواقع أن عدد الأنواع المختلفة من النرات التى نعرفها يبلغ ١٠٢ فقط . وأكثر من هذا فإن معظم الأنواع المائة والإثنين من النرات نادر الوجود ، بل إن بعضها لا يوجد بالمرّة فى الطبيعة ، وإنما يوجد فقط فى المعامل حيث أوجدتها العلماء . والواقع أن النرات القائمة التى يمكن أن توصف بأنها معروفة لا يتعدى عددها الإثنى عشر نوعاً .

وقد توجد النرات أحياناً كجسيمات منفصلة لا ترتبط بغيرها ، ولكنها فى الغالب تكون مجموعات ، وهذه المجموعات تسمى «جزيئات» . وهى تلتصق ببعضها بمرور الزمن . وهى تتشابه فى هذا السلوك مع الكائنات الحية .

فقد يعيش بعض الأشخاص فى عزلة — ولكن الغالبية العظمى منهم يعيش كل منهم كفرد فى عائلة . ومع أنه يوجد نوعان فقط من الكائنات الحية :

الإناث والذكور ، إلا أنه توجد أنواع مختلفة من العائلات . فقد تجد عائلة مكونة من رجل وزوجته — أو أرملة وثلاثة أطفال كلهم فتيات ، أو زوجين مسنين وابن زوجة الابن وحفيدين - وهكذا توجد آلاف من الاحتمالات لأنواع مختلفة من العائلات .

وبنفس الطريقة قد يتحد عدد قليل من الذرات المختلفة مكوناً أنواعاً مختلفة من المجموعات . وهذا يفسر وجود أنواع مختلفة جداً من الأشياء في الحياة . وإذا تكونت جزيئات نوع معين من مادة ما من أكثر من نوع من الذرات سميت هذه المادة «مركباً» . وهناك مئات وآلاف من المركبات المختلفة التي يعرفها الكيميائيون . وتتكون معظم الأشياء التي نراها من مركبات أو خليط من المركبات . ويتكون جسم الإنسان وحده من عدة آلاف من المركبات المختلفة . أما إذا تكونت جزيئات نوع ما من المادة من نوع واحد من الذرات فتسمى هذه المادة «عنصراً» . وبما أنه يوجد مائة نوع واثنان من الذرات المعروفة ، فعلى ذلك يوجد ١٠٢ عنصراً . وهذه العناصر بمثابة أحجار بناء هذا العالم ، وقد نتجت عنها في التطورات الطبيعية المختلفة كل المركبات العديدة الموجودة حالياً . وقد أصبح في استطاعة الكيميائيين حالياً صنع أى مركب إذا ما توفرت لهم المواد الأولية . وبعض هذه العناصر المائة والإثنين تعرفها جيداً . فمن المؤكد أنك سمعت مثلاً عن الذهب والفضة والنحاس والحديد والألومنيوم ، في حين أن بعضها لا يعرفها سوى الكيميائيين المحترفين . فهل سمعت مثلاً عن التاليوم أو البراسوديوم أو الجادولينيوم ؟

وسأحدثك في هذا الكتاب عن كل العناصر بشكل مختصر مبتدئاً بالعناصر المعروفة والمشهورة . ولكنني أود أن أتحدث أولاً عنها جميعاً بشكل عام . فهذه العناصر غالباً ما تختلف عن بعضها في الشكل والتفاعل .

فبعضها صلب ولونها أسود ، وبعضها لامع ويمكن طرقها إلى أشكال مختلفة ، وبعضها هش ، وبعضها غازي (كالهواء) في الظروف الطبيعية ، وبعضها سائل في الظروف الطبيعية ، وبعضها ملون وبعضها لا لون له . وتختلف طرق اتحاد ذرات



العناصر المختلفة بعضها ببعض أو بذرات العناصر الأخرى ( وهذا يبنى اختلاف خواصها الكيميائية ) .

وقد حاول الكيميائيون إيجاد نظام خاص لكل هذه العناصر المختلفة . وقد وجدوا أن كل ذرة تتكون بدورها من جسيمات غاية في الصغر ، وعلى الأجزاء الخارجية منها يوجد عدد من الجسيمات الصغيرة وتسمى « إلكترونات » . ولكل نوع معين من الذرات عدد خاص من الإلكترونات . وتحتوى أبسط ذرة على إلكترون واحد . وكلما زاد تعقيد الذرة احتوت على عدد أكبر من الإلكترونات حتى تصل إلى ١٠٢ بدون أن ينقص منها واحد . وعلى ذلك فقد أعطى الكيميائيون لكل عنصر اسماً و « عدداً » ذرياً . فالذرة التي تحتوى على ٢٣ إلكترونات يكون عددها الذرى ٢٣ ، وهكذا .

وتنظم هذه الإلكترونات في طبقات أو مدارات حول مركز الذرة ، وهى تنصب تماماً طبقات البصلة . وعندما يكتمل عدد الإلكترونات في المدار فإن الإلكترون الزائد ينتقل إلى المدار التالى . فالنصر رقم ٣ مثلاً يكتفى مداره الأول ( التالى للمركز ) بالإلكترونين . وعلى ذلك يوجد الإلكترون الثالث على المدار الثانى . وفى العنصر الحادى عشر نجد أن المدارين الأول والثانى قد اكتملا ونجد إلكترونات واحداً فى المدار الثالث . والنصر رقم ١٩ نجد مداراته الأول والثانى والثالث قد اكتمل عددها ، ويوجد إلكترون واحد فى المدار الرابع . وتعتمد الخواص الكيميائية والطبيعية للعناصر إلى درجة بعيدة على عدد وترتيب الإلكترونات فى المدار الخارجى . وعلى ذلك تتشابه العناصر رقم ٣ ، ١١ ، ١٩ فى أن مداراتها الخارجية تحتوى على إلكترون واحد . وكلها عناصر رخوة يطم لوها بتعرضها للهواء ، وتشتمل إذا ألقيت فى الماء ، وهى سهلة الانصهار .

وقد تمكن الكيميائيون من ترتيب كل هذه العناصر بطريقة جمعت العناصر ذات المدار الخارجى المتشابهة فى عمود واحد أو فى نفس الصف . وقد أطلق على

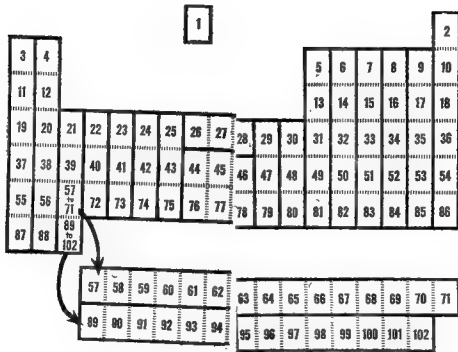
هذا الترتيب « الجدول النورى » ويمكنك الرجوع إلى الجدول في آخر هذا الفصل وفيه نظمت العناصر تبعاً لمددها الندى .

ويلاحظ في الجدول أن العناصر المتشابهة بسبب تشابه نظام الإلكترونات في المدار الخارجى ، معصورة بين الخطوط الثابتة ، ويفصلها عن بعضها خط منقط . كذا نجد أن العناصر ٣ ، ١١ ، ١٩ بالإضافة إلى العناصر ٣٧ ، ٥٥ ، ٨٧ تقع في عمود واحد ، في حين أن العناصر ٢ ، ١٠ ، ١٨ ، ٣٦ ، ٥٤ ، ٨٦ تقع في عمود آخر . وكثل العناصر المتشابهة التي توجد في نفس الصف نجد عنصرى ٢٦ ، ٢٨ وكذا ٥٧ ، ٧١ . وسيمكننا بمساعدة الجدول النورى دراسة العديد من العناصر في نفس الوقت .

وستجد جدولاً صغيراً على رأس كل باب ، وفيه وضعت رقم كل عنصر ، قيد البحث ، في خانته الخاصة . وتركت باقى الأماكن يمشاء وبهذه الصورة ستكون لديك فكرة من ارتباط العناصر ببعضها .

وستجد في نهاية الكتاب الجدول النورى كاملاً ، وفيه أسماء العناصر بدلاً من أرقامها . وعندئذ أرجو أن تكون قد تعرفت على معظم الأسماء .  
والآن فلنحاول أن نرى كيف تبدو هذه العناصر المسكونة لبناء العالم .







## الفصل الأول

الأكسيجين

العنصر الذي تنفسه

### الحالات الثلاث :

الأ كسيجين هو المنصر رقم ٨، وقد تعجب لماذا بدأت برقم ٨ بدلا من رقم ١ .  
هناك عدة أسباب لذلك :

**أولاً:** يستمر الأكسجين أكثر العناصر انتشاراً على الأرض. وهو يكون تقريباً نصف عدد الترات التي يتكون منها كوكبنا. بل إنه يكون  $\frac{1}{4}$  عدد القرات المكونة للقشرة الأرضية والتي يبلغ ممكماً ١٠ أميال.

**ثانياً : يدخل الأكسجين في تركيب العديد من المركبات الموجودة في الأرض،**

وذلك بانحائها مع ذرات العناصر الأخرى مكونة جزيئات . ومع ذلك يوجد الأكسجين في الهواء الجوى المحيط بنا على شكل عنصر بذاته . ويتكون  $\frac{1}{4}$  الجزيئات الموجودة في الهواء من ذرتين من الأكسجين فقط ، والجزيء الذى يتكون من ذرتين من الأكسجين يسمى (جزيء أكسجين) .

ثالثاً : ولا تقتصر أهمية الأكسجين على كثرة انتشاره بل أيضاً لقائده . فإتينا عندما نتنفس ، نمتص الهواء داخل الرئة . ويمتص الجسم بعض أكسجين الهواء ، وهذا يتحد بدوره بيمضى المواد التى نحصل عليها من الطعام الذى تأكله . وهكذا تنتج الطاقة اللازمة لاستمرار حياة الإنسان وعمله .

ويجب أن نتنفس باستمرار فيصحوا ونومنا لنحصل على الأكسجين إتنا قد نستغنى عن الطعام لأسابيع ، ونستغنى عن الماء لأيام ، ولكن خمس دقائق بدون أكسجين كافية للقضاء علينا .

وعلى ذلك فالأكسجين عنصر يستحق أن نبدأ به .

وأكثر ما يسترعى الأنظار في الأكسجين أنه غاز . وقبل أن أستطرد سأتوقف قليلاً لأشرح معنى الغاز .

تتكون معظم الأشياء التى حولنا ( على هذه الأرض ) من أجسام صلبة وهذا يعنى أنها كتلة منفصلة ملتصقة ببعضها وتحفظ بهذا الشكل إذا تركت وشأنها . وقد يكون هذا الجسم الصلب الممين خشناً كقالب الطوب ، أو ناعماً كقطعة من الشمع ، وقد يكون أصلب من قضيب من الفولاذ ، أو مرناً كالكرة المطاطة ، أو هشاً كرقائق الألومنيوم . ومع ذلك فإذا رفعت أى جزء منه فإنه يرفع كله ككتلة واحدة ويبقى ملتصقاً ببعضه . وذلك لأن جزيئات الجسم الصلب ملتصقة ببعضها بشكل تام ، وكل جزيء يبقى في مكانه الخاص ، وقد يهتز في مكانه ( مثل الإنسان المصبى الذى يبدل قدميه وهو واقف في الانتظار ) ولكنه يبقى في نفس المكان .

وإذا رفعت درجة حرارة هذا الجسم الصلب فإن جزيئاته تهتز وتزداد سرعتها. وقد تصل إلى درجة حرارة تعتمد فيها الجزيئات عن بعضها بل وتتحرك بحرية فوق وحول بعضها . عند هذه الحال يقال إن المادة الصلبة قد « انصهرت » وتحولت إلى « سائل » .

ويعتبر الماء أكثر السوائل شهرة ، ومع ذلك نعرف غيره . فالكحول والجازولين والزيق وزيت الزيتون كلها سوائل . ولا يلتصق السائل ببعضه مثل الأجسام الصلبة ، فلا يمكنك مثلاً جذب جزء من الماء بين أصابعك فيرفعهم كل الماء . من السكوب . فأى كمية من السائل ليس لها شكل معين بل تأخذ شكل الإناء الذى يحتويها .

( فى حالة الجزيئات المعقدة التى تحتوى على عدد كبير من القرات يتسبب إرتفاع درجة الحرارة فى انفصالها تماماً . وبدلاً من أن ينصهر الجسم الصلب فإنه « يتحلل » . فالسكر المادى لا ينصهر إذا رفعت درجة حرارته لأنه يتفكك ويتفكك منه أبخرة لأنه يتحلل . وفى حالة الديناميت فإن التحلل يحدث بسرعة وعنف . ويقال إن المادة « انفجرت » ) .

ومع أن جزيئات السوائل ليست مرتبطة تماماً ، إلا أنها تتمتع قربة من بعضها ، وإذا رفعت درجة حرارة السائل إلى درجة معينة تتطير الجزيئات بعيداً عن بعضها تماماً ، وتتبخر وتنتشر كل منها بعيداً فى كل اتجاه . وعندئذ يقال إن السائل « يغلى » وأنه تحول إلى « غاز » .

وهكذا نجد أن « الحالات الثلاث للمادة » هى الصلبة والسائلة والغازية . ويمكن أن توجد معظم المركبات البسيطة وكل العناصر على هذه الحالات الثلاث . ويتوقف وجودها فى الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية ، على درجة الحرارة وعلى بعض الظروف الأخرى المحيطة بها .



ويعتبر الماء من أحسن هذه الأمثلة . فإلقاء في الظروف العادية سائل . وانخفاض درجة حرارته إلى درجة معينة يتحول إلى مادة صلبة تطلق عليها « تلج » . وارتفاع درجة حرارة الماء يتحول إلى غاز ويسمى « بخار الماء » . فإلقاء والتلج وبخار الماء كلها مادة واحدة في ثلاث حالات مختلفة ، ويمكن تحويلها من حالة إلى أخرى بالتسخين أو التبريد .

وتتلى المواد المختلفة وتنصهر في درجات حرارة مختلفة . وتتوقف الدرجة التي تنصهر فيها مادة ما على مدى ارتباط الجزيئات بعضها . فمثلاً ترتبط جزيئات الصخرة ببعضها بشكل قوى حتى إنها تحتاج لتسخينها إلى درجة الاحمرار أو أكثر . قبل أن تنفصل عن بعضها وتتحول إلى سائل . ( فالحجم التي تساب من البراكين المنفجرة ما هي إلا نوع من الصخور المنصهرة ) . ومن ناحية أخرى فإن ارتباط جزيئات الثلج ضعيف جداً إلى درجة أن حرارة يوم من أيام الربيع تكفي لصره . وتحويله إلى ماء .

وهناك جزيئات ارتباطها أضعف ، وجزيئات الأكسجين مثل على ذلك ، فهي توجد على شكل سائل في درجات الحرارة المنخفضة وتتحول إلى صلب إذا انخفضت درجة حرارتها أكثر . ودرجة الحرارة على سطح الأرض لا تبقى الأكسجين في حالته السائلة فإلا بك بالصلبة فالأكسجين يوجد في الطبيعة على شكل غاز لهذا السبب .

وقد حاول الكيميائيون خفض درجة الحرارة في العمل لتحويل الأكسجين إلى سائل ولم ينجحوا إلا في سنة ١٨٧٧ . ودرجة الحرارة اللازمة هي ٣٠٠ درجة تحت درجة حرارة الصفر المئوي . وعلى ذلك فعندما تقول إن الأكسجين غاز ، فهذا يعني أنه غاز في درجة الحرارة المعتادة .

## ١ اكتشاف المجهول :

ليس من اليسير دراسة الغازات . ولتأخذ الهواء مثلاً على ذلك ، وهو من أكثر الغازات اعتقاراً . فافان تعرف عنه ؟ إنه شفاف وعديم اللون ويمكنك الرؤية خلاله ، لا طعم ولا رائحة له . فكيف إذن نحس بوجوده ؟ إنك نحس بوجوده لأنك تشعر به عندما يتحرك ، أو تتحرك أنت بسرعة . خلاله . وتختلف درجة حرارة الأجزاء المختلفة من الهواء بتأثير الشمس ( وهذا يتوقف على وجود الهواء قريباً من الأرض الرقيقة أو المنخفضة ، في الشمال أو الجنوب ، قريباً أو بعيداً عن الماء ) . وتتصاعد الهواء الساخن إلى أعلى وينخفض الهواء البارد . وطلق اسم « الرياح » على هذه الحركات الواسعة للهواء . ويصل غنف الرياح أحياناً إلى درجة غير محتملة . وأى إنسان طاش مثل في وسط هذه الزوابع يؤكد قولى . فوجود الهواء لا شك فيه .

قد يبدو لك أن الهواء لا وزن له ، فافان تتحرك خلاله بسهولة بدون أن تشعر بقله . ومع ذلك فالغازات ، مثلها مثل السوائل والمواد الصلبة ، هى مادة ولها وزن .

ومن المؤكد أن وزن الغاز أخف بكثير من السوائل والمواد الصلبة ، فربع جالون من الماء يزن رطلين تقريباً ، أما إذا ملئ هذا الحجم بالهواء في الظروف الطبيعية فإنه يزن  $\frac{1}{8}$  من الأوقية . والهواء الذى في حجرة طادية والتي يبلغ عرضها ١٢ قدماً وطولها ١٨ قدماً وارتفاعها ٨ أقدام لا يزن سوى ١٥٠ رطلاً .

إننا في الواقع نعيش عند قاع طبقة من الهواء تمتد أميالاً وأميالاً فوقنا . وهو موجود بكيات كبيرة حتى إنه يقع على كل بوصة مربعة من جسمنا خمسة عشر رطلاً من الهواء . ولكن أجسامنا مملوءة هواءً وله ضغط متساو في كل الاتجاهات ، ويتبادل مع الضغط الخارجى ولنا لا نحس بوزنه .

والآن ، كيف يمكنك التمييز بين غازين ؟ لو فرض أن أحد الكيمايين وضع أمامك زجاجتين ، وأخبرك أن إحداهما بها هواء وبالأخرى أكسيجين لبدت كل من الزجاجتين متشابهتين وخاليتين . وكلا الغازين عديم اللون والرائحة والطعم . حقيقة إن الأكسيجين أهمل نوعاً من الهواء ولكن ليس بالدرجة التي يمكنك التمييز بينهما .

ما عليك إذن إلا أن تقارن بين تفاعل كل منهما في نفس الظروف : أمسك شظية خفية وأشعل طرفها ، وبعد أن تستعمل بلحظة أطفئ الهب بحيث يظل طرفها محتقداً ، ثم زج بالطرف المتقد في زجاجة الهواء تلاحظ أن الشظية تستمر متقدة ثم تنطفئ . بعد فترة . ثم اغمر طرف الشظية المتقد في زجاجة الأكسيجين تجد أنها تستعمل فجأة بلهب وتستمر مشتعلة بوهج أكثر مما بدأت به .

لم يحدث هذا ؟

يسمى الأكسيجين مادة « نشطة » تتحد جزيئاتها بسهولة بجزيئات المواد الأخرى . فإذا سخن الخشب مثلاً فإنه يتحاط وتتصاعد منه غازات ، وهذه الغازات قابلة للاشتعال . أى أنها تبدأ في الاتحاد مع جزيئات الأكسيجين التي في الهواء وينتج عنها طاقة يمكن الإحساس بها كحرارة أو رؤيتها على شكل ضوء .

وإذا انطفأ الهب الناتج فهذا يرجع إلى أن الأكسيجين الذي في الهواء غير كاف لاستمرار توقد الشظية ما لم يسخن الخشب مرة ثانية ليشتعل ، أما إذا غمرت الشظية المتقدة في أكسيجين تقي فإنها تتحد مع الأكسيجين بسرعة وبذا تمسخن ويندلع الهب مرة ثانية . ( لا بد من وجود شظية على الأقل ، ولا يشتعل الخشب بالمرءة إلا في وجود شظية حتى ولو كان في أكسيجين تقي ) .

وحيث إن الأكسيجين يساعد على اشتعال بعض الأشياء فإنه يقال إنه يساعد على « الاحتراق » أو الحرق . والأكسيجين الموجود في الهواء هو الذي يساعد

الخشب والورق والجازواين وغيرها على الاحتراق عندما ترتفع درجة حرارتها . وإذا استبعد الأكسجين من الهواء فإن ما يتبقى منه لا يساعد على الاحتراق . وإذا أدليت شمعة مشتعلة أو قطعة خشب تحترق في الهواء بعد إزالة الأكسجين ، تجددها تنطفئ في الحال .

ولا تحترق المواد المختلفة في الظروف العادية إلا إذا وصلت إلى ما يسمى « بدرجة الاشتعال » وتتحد بالأكسجين يبطء في درجات أقل من هذه الدرجة . وينتج يبطء عن هذا الاتحاد حرارة ، وتجمع هذه الحرارة وتكمن في المواد التي لا تنفع الحرارة إلى الجو بسهولة . وأحسن مثل على هذا هي الخرق البتلة بالزيت ، فالحرارة التي تنصحبها إذا تعرضت إلى الجو لمدة طويلة ( أياماً وأسابيع ) قد تصل إلى درجة الاشتعال فتحترق بلهب مفاجيء . وهو ما يسمى « بالاحتراق التلقائي » ، إذ يبدو أن النيران قد اشتعلت ( من تلقاء نفسها ) وقد أدى هذا الاحتراق التلقائي إلى حرق العديد من المنازل .

وتتوقف حياتنا على نوع من الاحتراق البطيء الذي يحدث بداخل أجسامنا عند احتراق الطعام الذي نأكله . وهذا الاحتراق هو الذي يحتفظ بدرجة حرارة الجسم ثابتة ، ويمدد بالطاقة اللازمة للقيام بكل الأعمال . وما كانت حياتنا لتستمر خمس دقائق لو لم يساعد الأكسجين على هذا الاحتراق ، ونحترق سريعاً ونموت إذا تقسنا هواء خالياً من الأكسجين ، لأنك تستهلك ٢٠ لترًا من الأكسجين في الساعة إذا كنت ساكنًا ، وأكثر من هذا إذا كنت تعمل أو تلبس .

وكذا الأسماك والحوانات المائية لا تعيش بدون الأكسجين ، فهي « تنفس الماء » . والحقيقة أن كيات صغيرة من الأكسجين تذوب في الماء . وتستخلص خياشيم السمك الأكسجين من الماء ، وتنقله إلى الدم ، تمامًا كما تفعل رئة الإنسان عندما تستخلص الأكسجين من الهواء وتنقله إلى الدم . وتفرق السمكة فوراً - مثل الإنسان تمامًا - إذا استبعدنا الأكسجين من الماء .

وصاب بعض الأشخاص بأمراض تجعل من الصعب على الرئة أن تأخذ الأكسجين من الهواء . ويمطى لمثل هؤلاء الأشخاص أكسجين تقى لاستنشاقه . ويدخل الأكسجين إلى غطاء من البلاستيك يسمى « خيمة الأكسجين » توضع بإحكام على الرأس والصدر . ويوضع فيها أيضاً بعض الأشخاص المرضى للنوبات القلبية ، وبهذه الطريقة تدخل كميات كبيرة من الأكسجين إلى الدم وبذا يقل مجهود القلب الذى يرسل الدم إلى كل أجزاء الجسم . وقد وضع الرئيس أيزنهاور بعد النوبة القلبية التى حدثت له سنة ١٩٥٥ فى خيمة أكسجين لمدة أيام .

### فصل الهواء :

يخزن الأكسجين النقى فى أسطوانات معدنية مختلفة الأحجام ( يصل بعضها إلى قامة الإنسان ) . ويكون الأكسجين المخزون تحت ضغط ، أى تضغط جزئياته على بعضها بحيث يسمح بإدخال المزيد منها . والأسطوانات المملوءة سعتها ١٣٥ مرة أكثر من سعتها تحت الظروف الطبيعية . وإذا فتحت فوهة الأسطوانة على سعتها ، يتدفق الأكسجين بمنتهى القوة كاتعجار الصاروخ ، ولذا تجهز الأسطوانات بترتيبات معينة بحيث تسمح للناز بانفجوع يبطه ، ويلاحظ عدم وجود أى لهب أو شرارة أو أى جسم قابل للاشتعال بالقرب من الأكسجين النقى المستعمل . فالأكسجين فى حد ذاته لا ينفجوع أو يتفجوع ولكنه يساعد الأجسام الأخرى على الاشتعال بقوة .

فمن أين يأتى هذا الأكسجين النقى الذى نحتاجه الأسطوانات ؟

أحد هذه الطرق ، هو فصل ذرات الأكسجين من مركب ترتبط به ارتباطاً ضعيفاً . وبسخن مثل هذا المركب ، تنفصل ذرات الأكسجين وتكون جزئيات الأكسجين ، وتجمع على شكل غاز الأكسجين الذى يمر فى أنبوبة إلى إناء به ماء منسكب فى حوض به ماء . ويزيح الأكسجين الناتج الماء حتى لا يبقى فى الإناء سوى الأكسجين .

وقد اكتشف كل من الكيميائي السويدي « كارل شيل » سنة ١٧٧٢ والكيميائي الإنجليزي « جوزيف بريستلي » سنة ١٧٧٤ تحضير الأكسجين بنفس هذه الطريقة. فقد اكتشف كل منهما أن الغاز الناتج يختلف عن الهواء ، وقد سماه شيل « هواء النار » .

وبعد سنة أو سنتين من هذا التاريخ سمى الكيميائي الفرنسي « أفلون لافوازييه » هذا الغاز بالأكسجين . وهو مشتق من الكلمات الرومانية التي تعني « سبب المحوضة » . وقد استخدم هذا الاسم لأنه اعتقد أن الأكسجين يوجد في جزيئات بعض المركبات المعروفة بالأحماض والتي لها طعم حمضي . وكان لافوازييه على خطأ فبعض الأحماض قد تحتوي وقد لا تحتوي على أكسجين ، ولا علاقة للأكسجين بالمحوضة ومع ذلك فلا زال الاسم باقياً .

ويمكن تسخين مركب ما لتعطيم جزيئاته ولكننا لا نحصل بهذا إلا على كمية ضئيلة من الأكسجين . وستحسن استخدام « الهواء السائل » للحصول على كميات كبيرة منه .

ويمكن تحويل الهواء إلى سائل بخفض درجة حرارته إلى درجة معينة . وعندما ينفى الهواء السائل يتحول إلى غاز مرة ثانية — مثل الماء — عندما ينفى يتحول إلى غاز ( بخار الماء ) .

ويتكون الهواء من أكثر من نوع من الجزيئات ، وخمسه أكسجين ، والباقي تقريباً نوع آخر من الغاز ويسمى نيتروجين . وينفى الأكسجين السائل ويتحول إلى غاز في درجة حرارة منخفضة جداً ولكن النيتروجين السائل ينفى ويتحول إلى غاز في درجة أقل من الأكسجين . فإذا سخن الهواء السائل يطفء وهو مغلولط من الإثمين ، فإن النيتروجين ينفى وتخرج قطائعه بسرعة أكبر من الأكسجين .

ويمكن مشاهدة هذه التجربة . فالنيتروجين سائل عديم اللون كالماء ، أما الأكسجين السائل فلونه أزرق ، فلو سخن الهواء السائل يبطئ فأن لونه يتحول إلى الزرقة كلما اختفى النيتروجين ليتبقى الأكسجين السائل .

وبالاستفادة من اختلاف درجتي غليان كل من النيتروجين والأكسجين فإننا « نجزي » الهواء السائل ، أى نقصه إلى جزء هو الأكسجين وجزء آخر هو النيتروجين ، ويمكن تخزين كل منهما في أسطوانات لحين استعماله .

ويستخدم الأكسجين كذلك في الطب لا في خيمة الأكسجين فحسب ولكن يخلطه أيضاً مع المخدرات . فالمرضى يخلد بواسطة استنشاق رتيبه للمواد المخدرة مثل الأثير ( أو أى مخدر آخر ) المخلوط بالأكسجين .

وفي الصناعة يخلط الأكسجين مع تيار من الغاز القابل للاشتعال لتكوين لهب شديد الحرارة يستخدم في اللحام وقطع الحديد .

وتعتبر إسالة الأكسجين إحدى طرق ضغط كميات كبيرة منه في حيز صغير نسبياً . ويستخدم الأكسجين السائل لاشعال الوقود في القذائف والصواريخ . ويختصر رجال القذائف كلمة الأكسجين السائل إلى LOX .

ذكرت سابقاً أن جزئى الأكسجين يتكون من ذرتين . وقد تتحد ثلاث ذرات لتكوين جزئى الأكسجين . ويصبح وزن هذا التجمع الثلاثى الذرة أكبر من وزن جزئى الأكسجين العادى بمرة ونصف . وهذا الجزئى ذو الثلاث ذرات هو أيضاً أكسجين ولكنه يختلف كلية عن الجزئى ذو الذرتين في تفاعله ، ولذا أطلق الكيميائيون عليه اسم « أوزون » .

وقد تتكون سمكت كلمة « أوزون » من قبل ، وهو تعبير علمى عن الهواء النقي في الريف ، وخاصة في البلاد الجبلية . ومن الخطأ أن تعتقد أن الأوزون الذي يحتوى جزئيه على ثلاث ذرات من الأكسجين أفيد من الأكسجين العادى

بجرة ونصف . في الواقع لا يوجد أوزون في الهواء الجوى ولا حتى في الجبال . وحتى لو وجد فلن تراح له ، لرائحته القوية الحادة ( ورجع كلمة أوزون إلى الكلمة اليونانية التى تعنى أما أشم ) وفوق هذا فهو سام .

ولاتحد الذرة الثالثة بجزيء الأكسجين بسهولة ولا تتلاءم معصيداً ، ونحتاج إلى دفعها لذلك . وتستمد الطاقة اللازمة لهذا الاتحاد من الكهرباء العالية القوة . ويتحول بعض الأكسجين الموجود حول بعض الأجهزة الكهربائية إلى أوزون ، ويمكن ملاحظة رائحته بسهولة . وتستمر الأشعة فوق البنفسجية مصدراً آخر للطاقة . وهى التى تصدر عن مصابيح بخار الزئبق أو من « مصابيح الشمس » . ويمكن ملاحظة رائحة الأوزون بالقرب من مثل هذه المصابيح .

وضوء الشمس غنى بالأشعة فوق البنفسجية . فإذا اصطدمت أشعة الشمس بالطبقات العليا من الجو تحول بعض الأكسجين إلى أوزون . وتتمس « طبقة الأوزون » الرقيقة التى تملأ الأرض بحوالى خمسة عشر ميلاً ، كثيراً من أشعة الشمس فوق البنفسجية وتمنحها من الوصول إلى سطح الأرض . وهذا من حسن حظنا وإلا فإن كمية الأشعة فوق البنفسجية كافية للقضاء علينا إذا ما اصطدمت بأجسامنا . وعلى هذا طبقة الأوزون ضرورة لحياتنا .

وكأريأنا ، تتحد ذرة الأكسجين الثابتة بجزيء الأكسجين بصوبة ولكن يسهل انفصالها عنه ، وسرطان ما يتحول الأوزون إلى أكسجين ثانياً تاركاً ذرة الأكسجين - فالأوزون « غير ثابت » : تسرع ذرة الأكسجين التى انفصلت للاتحاد مع أى مادة أخرى . وبهذه الطريقة نرى أن الأوزون أقدر على إحداث تغيرات كيميائية بسهولة أكثر من الأكسجين المادى ، بل إنه أكثر نشاطاً منه . وفي الواقع كانت هناك أفكار لاستبدال الأكسجين بالأوزون في التذائف ولكن علم بانه جعل من الصعب استعماله .



ولا يتأثر الزئبق والفضة بالأوكسجين العادى ، ولكن لونهما يغم فى وجود الأوزون . والأوزون « مزيل للألوان » . فجزئيات بعض المواد الملونة تفقد لونها بتعرضها له .

وكذا يزيل الأوزون « الرائحة » ، فيحول جزئيات بعض المواد ذات الرائحة إلى جزئيات عديمة الرائحة . وإذا أمكن وضع بعض الأجهزة الكهربائية التى تغير الأوكسجين إلى أوزون فى أجهزة التبريد المناعية ، فإنها تزيل رائحة الجو المحيط بها أثناء تحول الأوزون ثانياً إلى أوكسجين .

وللأوزون فائدة أخرى : إنه يعتبر مادة مثالية لتنقية مياه الشرب فى المدن . فيضط قليل منه مع الهواء الذى يمر فى الماء ، وبذلك يقضى على الجراثيم والشوائب الكيميائية ، ويحول الأوزون أثناء ذلك إلى أوكسجين ولا يترك أثراً ورياحه .

وإذا وجد عنصر فى صورتين أو أكثر تطلق على هذه الظاهرة «التأصل» Allotropy ، فالأوزون نوع متأصل مع الأوكسجين ، ولكنه يختلف ظاهرياً مع الأوكسجين . فهو ليس عديم اللون كالأوكسجين بل له لون أزرق عديم . والأوزون أنسأ لونه أزرق داكن جداً أو أسود تقريباً . وستصادفنا المزيد من هذه الصور المتأصلة الجديرة بالدراسة فى أبواب أخرى .



جميع القدرات الموجودة في الكون — وتتكون الشمس أساساً من الهيدروجين، وكذا معظم الكواكب الأخرى والمواد الدقيقة المتناثرة حول الكواكب .

ومع ذلك فالهيدروجين غير منتشر تماماً على الأرض . بل إنه يكون  $3/4$  من ذرات الطبقات الخارجية للأرض ، وتقل هذه النسبة في الطبقات الداخلية . ومع ذلك فلا بد أن الأرض كانت مكونة من نفس مادة باقي الكون . فما الذي حدث بعد ذلك للهيدروجين ؟

يمكن في صغر ذرة الهيدروجين تفسير هذه الظاهرة . ذلك أن ذرات الهيدروجين ، مثل الأكسجين ، تفيض على شكل أزواج . ويسمى اتحاد ذرتي الهيدروجين « جزيء الهيدروجين » . وجزيء الهيدروجين أصغر من أى جزيء آخر معروف — بل إنه أصغر من أى ذرة منفردة لعنصر آخر .

والجزيئات كلها في حركة دائمة . وجزيئات الجسم الصلب ولو أنها ثابتة في مكانها إلا أنها دائماً التذبذب . وتحرك جزيئات السائل بحرية أكثر ، وجزيئات الغاز بحرية أكثر من السائل .

وتتحرك جزيئات الأكسجين في درجة الحرارة العادية في الجو بسرعة تزيد عن أربعة أميال في الدقيقة . وهي تصطدم بطبيعة الحال باستراز بعضها ببعض وترتد عنها . وكلما ارتفعت درجة الحرارة ازدادت حركة الجزيئات ، ومثال ذلك أنها تسرع في الجو المحيط بالأقراص عالية الحرارة .

وتتحرك الجزيئات الصغيرة أسرع من الكبيرة . وتبلغ سرعة جزيئات الهيدروجين في درجة الحرارة العادية حوالي ٧ أميال في الدقيقة (وهذا هو متوسط السرعة لأن بعضها يتحرك أسرع وبعضها أبطأ) .

وتتحرك بعض الأجسام بسرعة كافية تجعلها تنفذ خارج الكرة الأرضية :  
فإذا رميت حجراً في الهواء فإنه يرتفع لمسافة معينة ثم تجذبه الجاذبية الأرضية إلى  
أسفل ثانية ، وإذا قذفته بقوة أكبر فإنه يصل إلى مسافة أبعد قبل أن يسقط  
ثانياً . وإذا أطلقت قذيفة من مدفع فإنها ترتفع لمدة أميال قبل أن تسقط ثانية .  
أما إذا تمكنت من إطلاق شيء ما بأسرع من ذلك فإنه لن يعود بالمرّة . ويطلق  
على هذه السرعة « سرعة الهروب » *(Escape Velocity)* .

وتتحرك جزيئات الإيدروجين بسرعة تقرب من « سرعة الهروب » . ولهذا  
السبب فإذا وجدت جزيئات الإيدروجين في الجو ، فإنها تتحرك بعيداً عن الأرض ،  
وتسرب إلى الفضاء الخارجي . ومن المعتقد أن درجة حرارة الأرض عند بدء  
نشأتها كانت أكثر ارتفاعاً منها الآن بكثير . وكانت جزيئات الإيدروجين  
تتحرك بسرعة كبيرة جعلتها تسرب بعيداً .

وعلى ذلك ، فن الناحية العملية ، لم يبق الإيدروجين في الهواء الجوى الآن .  
والقليل من الإيدروجين الذي تجده على الأرض الآن يرجع إلى أنه مرتبط  
بجزيئات تحتوي على ذرات ثقيلة .

وجزيئات الأكسجين أثقل من جزيئات الإيدروجين بست عشرة مرة وتتحرك  
ببطء أبداً ما يكون عن سرعة الهروب . ولذا لا يتسرب الأكسجين بل يبقى  
في الهواء الجوى .

وبعض الكواكب أكبر وأثقل من الأرض ، وبالتالي فلها قوة جذب أكبر .  
وهذا يجعل الجزيئات التي على مثل هذه الكواكب ، تتحرك بأسرع ما يمكن  
للتسرب . ولذلك لا تتحرك جزيئات الإيدروجين بسرعة كافية لهروبها من كوكب  
المشتري ، لأن جاذبيته أكبر مرتين ونصف مرة من الجاذبية الأرضية ، ولأن درجة  
حرارته منخفضة عن الأرض . ولذا تتحرك جزيئات الإيدروجين بسرعة أقل من

حصرها على الأرض . وعلى ذلك يوجد الإيدروجين بكثرة في الجو المحيط بالمقترى ، وبعض الكواكب الكبيرة الأخرى مثل زحل ويورانوس ونبتون . أما أى كوكب أصغر من كوكبنا الأرضى فلن يكون حاله أحسن من الأرض — فنبغ جاذبية كوكب المريخ مثلا  $\frac{1}{3}$  جاذبية الأرض ، لذا نجد أن معظم الهواء المحيط به قد تمزب ولم تبق سوى طبقة رقيقة . أما القمر ، وهو أصغر بكثير ، ونبغ جاذبيته  $\frac{1}{6}$  جاذبية الأرض فليس حوله هواء جوى بالمره .

ولو أن الإيدروجين يوجد بكية ضئيلة في القشرة الأرضية إلا أنه يكون  $\frac{1}{3}$  عدد ذرات المحيط . وقد احتفظت الجاذبية الأرضية بالإيدروجين مع ذلك إلى هذه الدرجة . والإيدروجين من ضمن الحظ هو من العناصر الأساسية المكونة للأتسجة الحية ( فيكون الإيدروجين  $\frac{1}{2}$  الترات المكونة لأجسامنا ) .

#### استخدامه في الطيران :

والإيدروجين غاز مثل الأكسيجين في درجة الحرارة العادية ويستمر في الحالة الغازية حتى عند درجة الحرارة التي يسيل فيها الأكسيجين . وبالتالي فمعد خفض درجة حرارته إلى أقل من هذا يتحول إلى سائل ثم صلب .

وغاز الإيدروجين هو أخف العناصر المعروفة ، وسبق أن قلت في الفصل الأول إن وزن الهواء الذي يملأ حجرة جلوس طيارة يبلغ ١٥٠ رطلاً . فلو ملئت هذه الحجرة بالإيدروجين بدلاً من الهواء لبلغ وزنها ١٠ أرطال فقط .

وبنفس الطريقة نقول إن سائل الإيدروجين هو أخف السوائل ، وإن الإيدروجين الصلب هو أخف الأجسام الصلبة المعروفة .

ويزن المتر من الإيدروجين السائل أوقيتين وربع أوقية فقط . وترجع إحدى مآسى الإيدروجين إلى خفة وزنه . فنحن نعلم أن الخشب يطفو على سطح الماء لأنه أخف من الماء . وبنفس الطريقة نجد الإيدروجين يطفو فوق الهواء لأنه أخف منه . ولذا

تطير حقيية خفيفة في الهواء إذا ملئت بالإيدروجين . وإذا علقت بمض الأتقال أسفلها فإنها ترتفع مع الحقيية . وكلما زاد حجم الحقيية زادت قدرتها على حمل المزيد من الأتقال . وإذا زاد حجم الحقيية لدرجة كافية فقد تحمل إنساناً . ورتفع حقيية الإيدروجين ببطء عندما تصل إلى الطبقات العليا حيث يقل الهواء ويخف ، وأخيراً تقف . وإذا أسقط أحد الأتقال المعلقة بالحقيية فإن هذا يسمح لها بالزبد من الارتفاع . وإذا أمكن تفرغ جزء من الإيدروجين من الحقيية ، فإنها تهبط ببطء . وتعرف مثل هذه الحقيية المملوءة بالغاز والتي يمكن أن ترتفع وتتحول وتهبط بهذه الطريقة باسم « البالون » .

وبلا شك فهذه البالونات هي اكتشاف حديث . وقد أتم الأخوان الترنسيان « جوزيف وجاك مونتجولفير » بناء أول بالون كبير ليحمل إنساناً سنة ١٧٨٣ ولم يستخدم الإيدروجين بل الهواء الساخن ، لأنه أخف من الهواء البارد . ولم يستخدم الإيدروجين إلا بعد ذلك بضع شهور .

وتطير البالونات العادية اعتباطاً حسب مشيئة الريح كما يطقو قرب من الخشب على الماء تحت رحمة التيار . أما إذا كان البالون من الكبر بحيث يمكن تزويده بمجازولين وموتور ، فإنه يمكن توجيهه في الجو كما يوجه القارب البخارى في الماء ، ويطلق اسم « البالون الموجه » على البالون المزود بموتور للقيادة ( أى الذى يمكن التحكم في توجيهه ) كما يطلق عليه اسم « المنطاد » .

وكان الكونت « فرديناند فون زبلن » أول من نجح في بناء البالون سنة ١٩٠٠ في ألمانيا . وصنع الحقيية من الألومنيوم على شكل سيجار عريض بدلاً من صنمها من الحرر أو أى نسج آخر ، ووضع حقائب الإيدروجين بداخلها .

وزاد اهتمام العالم بهذه البالونات للموجهة التى على شكل سيجار ، ولم تمر الأعوام الثلاثون من القرن العشرين حتى كانت كل من الولايات المتحدة وبريطانيا وفرنسا

وإيطاليا وخصوصاً ألمانيا قد أشجعت مايربو على ١٥٠ من هذه المناطيد . وكانت الأحجام الكبيرة منها تهوى في طولها ارتفاع أعلى ناطحات السحاب ، وتوجد بأسفل هذه المناطيد غرف تبدو صغيرة بالنسبة لحجمها ولكنها من الكبر بحيث تسع مائة شخص أو أكثر . وآخر منطاد هو الذى نال نجاحاً كبيراً ، وهو المنطاد « جراف زبلن » (والذى سمي باسم المخترع) ، وقد صنع في ألمانيا وقام برحلات كثيرة عبر المحيط الأطلسى كما قام بجولة حول العالم .

أما أكبر منطاد بلا منازع فهو « هيندنبيرج » وصنع في ألمانيا ، وقد تحطم نتيجة لانتفجار الإيدروجين الذى كان يملأه هوائه . وهكذا يمكن أن يتحول الإيدروجين إلى غاز خطير . فدعنا نعرف ماسبب هذا ؟

### إحذر الشرارة :

الإيدروجين عنصر نشيط نوعاً ، تتحد ذراته بذرات الأوكسجين ، وينتج عن هذا الاتحاد طاقة . وتظهر هذه الطاقة على شكل حرارة أساساً ، وقليلاً ما تظهر على شكل ضوء . ويتميز آخر يهترق الإيدروجين في الأوكسجين (والهواء) بلهب ساخن أزرق باهت - ولا بد أن بعضنا قد شاهد مثل هذا اللمب ، لأن الغاز المستخدم في الطهو يحتوى على إيدروجين ، ويتميز استخدام حرارة احتراق الإيدروجين في الطهو من أحد المنافع الطيبة له .

ويستخدم لمب إيدروجين خاص في الصناعة . فيمرر غاز الإيدروجين النقي (من أسطوانات معدنية مضغوط فيها الغاز) إلى أنبوبة ، وغاز الأكسجين إلى أنبوبة أخرى ، وطرفا الأنبوبتين متقاربان بحيث يختلط الغازان عند خروجهما . فإذا أشعلت هذا الخليط ينتج لمب شديد الحرارة يسمى لمب « الإيدروجين الموقد » . وهذا اللمب من السفرة بحيث يقطع الصلب كما لو كان زبداء . وربما رأيت هذا الموقد في عمليات اللحام . ويلبس المشتغلون به أقنعة خاصة وملابس تقيهم وهيج الغاز الساخن لدرجة الاحمرار والقرقر المتطاير أحياناً .

. والوقود المستخدم غالباً في القذائف هو نوع من المواد التي تحتوى على الإيدروجين مثل الكيروسين والكحول والتي متحد بمنفج بالأوكسيجين السائل لتنتج الانفلاق اللازم . وقد يكتفى بالإيدروجين السائل ، ولكنه يسيل في درجة حرارة منخفضة وتصبح المشكلة هي الاحتفاظ بسيولته في وضع المهبوط .

وجيل أن نستفيد من لب الإيدروجين عندما نريد ، ولكنه يحترق أحياناً حينما لا نريده . مثال ذلك ، عندما يكون في المنطاد بكمية كبيرة ، فهناك احتمال أن يظهر في أحد الجوانب منفذ صغير ينسرب منه غاز الإيدروجين إلى الكاينة السفلى ، وقد يشتعل فيها بسهولة ويشعل الحقيبة التي تملؤها . وينفجر خليط الإيدروجين والأوكسيجين بقوة وعنفة . ولذا يطلق اسم « غاز الترقمة » على خليط من جزئين من الإيدروجين وجزء من الأوكسيجين .

لذلك كانت هناك لوائح مشددة للاحتراس من النار ، قبل استخدام بديل للإيدروجين ( كما سئرى في الفصل الرابع ) : مثل عدم السماح بالتدخين ، أو إشعال أى لب أو شرارة ، حتى منع وضع مسامير في نعال الأحذية حتى لا تنتج شرارة من ارتطامها بالأرض .

وهذا ما حدث للمنطاد الجيار هندنبرج في ٦ مايو سنة ١٩٣٧ ، فبينما كان يحوم للمهبوط في « لا كهرست » بولاية نيوجيرزى ، تظاهر بعض الشرر - رغم كل الاحتياطات - وتحول المنطاد في ثانية واحدة إلى كتلة من الهب . وكانت هذه الحادثة هي الضربة القاضية لاستعمال المنطاد في الانتقال ، فلم يصنع ولن يصنع أى منطاد بعد ذلك . وقد حلت الطائرات محلّه عاماً .

ولا يقتصر خطر استعمال الإيدروجين على اشتعاله ، فطالما يسمح بخروج غاز الإيدروجين يسطه في الهواء أو في الأوكسيجين ، ينتج عنه لب يمكن التحكم فيه . ونو فرض أن الإيدروجين والأوكسيجين اختلطا جيداً ، لا يحدث شيء في الظروف .



الطليعية . ولكن ماذا يحدث لو أن شراة رفعت درجة حرارة جزء من هذا الخليط من الإيدروجين والأكسجين ؟ تتحد جزيئات الإيدروجين والأكسجين في هذا الجزء الصغير ، والطاقة الناتجة قادرة على اتحاد الجزيئات المجاورة ، وهذه تطلق الجزيئات القريبة منها . وتتحد كل الجزيئات في أقل من جزء من الثانية وتنتقل طاقة في اندفاع واحد قوى : وهذا ما يسمى « بالانفجار » .

وتنفجر أى مادة قابلة للاشتعال سواء كانت غازاً أو سائلاً أو مسحوقاً دقيقاً إذا اختلكت بالهواء . ويصير غاز الطهو في المنازل أكثر شهاً بهذه المواد . فهو يحتوى على الإيدروجين أو مواد أخرى لا تقل عنه خطورة . فإذا قمت صنبور الغاز واستمرقرة قبل أن تقرب منه قهاباً مشتعلاً ، فانك تلاحظ فرقة صغيرة قبل أن يشتعل الموقد كالمعاد .

ولكن إذا تسرب الغاز لفترة ( نتيجة لثقب مثلاً ) فإنه يختلط بيطه بهواء الحجرة . فإذا أشعل الطيار أو أى إنسان آخر قهاباً أو سيجارة ، فإن الخليط كله يشتعل . وقد يسبب الانفجار إشعال المخزن كله ويقتل من به من الأشخاص . فإذا شككت في وجود ثقب ، فلا تبحث عنه أبداً يعود قهاب .

وكذا - ولنفس السبب - لا تبحث عن ثقب في خزان الغازولين في عربتك بشقاب . ولا تدخن عند استعمال منظم جاف قابل للاشتعال .

وأحدى فوائد الإيدروجين التي لاعلاقة لها بخصته أو قابليته للاحتراق ، هي في تخمين الزيوت النباتية . فالزيوت المستخرجة من بذرة القطن وخيصة ، يمكن الحصول عليها بكميات كبيرة ، ولكنها (على عكس الزيت والسحم وزيت الزيتون)

لا يمكن استخدامها في الطهو - فلها طعم خاص غير مقبول . وتحتوى جزيئات زيت بذرة القطن على عدد كبير من ذرات الايدروجين ( يربو على الخمسين ) ومع ذلك فهي غير مشبعة ، ويمكن إدخال المزيد من ذرات الايدروجين فيها . ويمكن عند خلط الزيت بالايديروجين تحت ظروف معينة أن تتحد جزيئات الزيت بذرات الايدروجين الزائدة . وتتحول الجزيئات الجديدة ( مع كل ذرات الايدروجين التي تمكنت من ضمها لها ) إلى دهن صلب . وهذا الدهن أبيض عديم اللون والرائحة ويمكن حفظه لمدة طويلة . وهكذا أصبح زيت بذرة القطن الأصلي صالحاً للطهو .

وتسمى هذه العملية « بالهدرجة » . وما النباتين والسلي الصناعي إلا أمثلة لزيت بذرة القطن المهدرج .

#### التار في المساء :

إن أول ما جذب أنظار الكيميائيين هي الطريقة التي يشتمل بها الايدروجين.. وكان الكيميائي الإنجليزي « هنرى كافندش » سنة ١٧٦٦ أول من جمع غاز الايدروجين ودرس خواصه وأسماء « الهواء القابل للاشتعال » . أما الاسم الحديث فيرجع إلى « لافوازييه » بعد ذلك بعدة سنوات ، وهو الذي سمى أيضاً الأكسجين.. وقد أسماء « إيدروجيناً » مشتقاً من الكلمات اليونانية التي تعنى « صانع الماء » .

وهذا بالفعل اسم سليم ، لأن هذا ما يفعله الايدروجين عند ما يحترق : إنه يكون الماء . فإذا عرضت قطعة صغيرة باردة من الزجاج أو الصيني إلى لهب صغير من الايدروجين ستجد أن قطرات من سائل قد تجمعت . وإذا ظم كيميائي بدراسة هذا السائل سيجد أنه ماء تقي .

عندما تتحد جزيئات الايدروجين مع جزيئات الأكسجين ، فانها تكون جزيئات جديدة تكون من ذرتين من الايدروجين وذرة أكسجين . وتعرف

هذه الجزيئات « مجزيئات الماء ». وتكون كل المياه التي رأينا في كل المحيطات والبحيرات والأنهار والأمطار ( والتلج والجليد والبخر أيضاً ) من هذه الجزيئات الثلاثة الذرة : ذرتين من الهيدروجين وذرة أكسجين .

ومع أننا ننظر إلى الماء كشيء مادي وحقيقة مسلم بها ، إلا أنه في الواقع جدير بالملاحظة ، بل يمكن كتابة كتب ( وقد كتبت فعلاً ) عن فائدة الماء للحياة . ويمكن أن ندرك أهميته عندما نعرف أن الماء يكون  $\frac{1}{60}$  من وزن الكائنات الحية . ولهذا يرجع سبب كثرة وجود ذرات الهيدروجين في جسم الإنسان أكثر من أي مادة أخرى - إلى هذه الجزيئات من الماء .

وبما أن الهيدروجين والأكسجين يتحدان ليكونا الماء ، فإنه يمكن فصل جزيء الماء إلى هيدروجين وأكسجين . ويتم هذا بإمرار تيار كهربائي في أسلاك تحت الماء ثم في الماء تحت ظروف معينة فيتجمع غاز الأكسجين حول طرف سلك منها وغاز الهيدروجين حول السلك الآخر . ويسمى السلكان « قطبين كهربيين » ، وتسمى هذه العملية بالتحليل الكهربائي .

وتستمد الصناعة حاجتها من الهيدروجين بتحليل الماء تحليلاً كهربياً . وهي الطريقة المأهولة الثانية لتحضير الأكسجين بعد التقطير الجزيئي للهواء المائل المضغوط .

وهناك طريقة قديمة لتحضير الهيدروجين باستخلاصه من المركبات المعروفة بالأحماض والتي أشرت إليها في الفصل السابق . فكل الأحماض تحتوي على ذرات هيدروجين ضعيفة الالتصاق بها . وكلما كان هذا الالتصاق ضعيفاً كان الحمض قوياً . فإذا أضيفت بعض الفلزات إلى الحمض يتحد الحمض بالفلز ، وتنتقل ذرات الهيدروجين وتتحد هذه الذرات المتحررة لتكوين جزيئات

الإيدروجين ، وتتجمع على شكل غاز الإيدروجين . وتحتوى بطاريات التخزين في الميارات على حامض وفلز ، ويمكن جمع غاز الإيدروجين منها في أوقات معينة . ولتلك بصاب الأشخاص الذين يطولون الكشف عن مستوى الماء في البطارية بواسطة تهاب نتيجة للافتجار الذى يحدث .

### فوق أكسيد الإيدروجين الثير ثابت :

والماء ليس هو المركب الوحيد الذى يتكون من ذرات الإيدروجين والأكسجين . فكما يمكن إضافة ذرة أكسجين علاوة على الأكسجين المادى لتكوين الأوزون النشط الثير ثابت ، كذا يمكن إضافة ذرة أكسجين إلى الماء لتكوين « فوق أكسيد الإيدروجين » النشط الثير ثابت .

ويحتوى جزئى فوق أكسيد الإيدروجين على ذرتين من الإيدروجين وذرتين من الأكسجين ، ويشابه فوق أكسيد الإيدروجين مع الأوزون في بعض النواحي ، فهو كذلك يطلق ذرة الأكسجين الزائدة بأسرع ما يمكن ، وهو غزير للألوان أو قاتل للبكتريا . ونظراً لقوة نشاطه استعمل في المحلوطات الكيميائية التى تطلق الصواريخ والطوربيدات .

ويضاف الماء إلى فوق أكسيد الإيدروجين لضمان سلامة استعماله . ويتكون فوق أكسيد الإيدروجين الذى تشتريه من الصيدليات من ٣٪ فوق أكسيد الإيدروجين و ٩٧٪ ماء — ولا تدع هذا يدفعك ، فلو كان المحلول أقوى من هذا ، لكان تركيزه أقوى من اللازم عند استعماله ، ولنشأت عن ذلك أضرار .

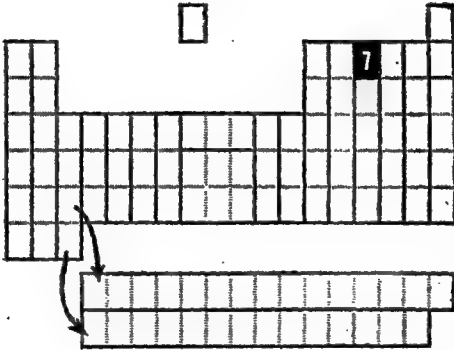
وتعمل الحرارة والضوء على سرعة تحلل فوق أكسيد الإيدروجين إلى ماء

عادي ، ولذا فهو يباع في الصيدليات معبأ في زجاجات بنية أو زرقاء . داكنة  
بمبدأ عن الضوء ويكتب عليها « تحفظ في مكان بارد » .

ويستعمل فوق أكسيد الإيدروجين كطهر للجروح لقتل الميكروبات ، ويقضى  
على خطورة العدوى ، وتوجد في الدم مادة تعمل على تحلل فوق أكسيد  
الإيدروجين بسرعة . ولعلك لاحظت تكون فقاعات تتحول إلى زبد أبيض  
عندما تضع فوق أكسيد الإيدروجين على الجرح ، ويرجع هذا إلى سرعة تصاعد  
غاز الأكسجين الناتج من تحلل فوق أكسيد الإيدروجين .

## الفصل الثالث

### النيتروجين العنصر المديم الحياة



#### الجزء الخاطئ من الهواء :

ذكرت سابقاً أن الأكسجين يكون  $\frac{1}{4}$  الهواء فقط ، أما الباقي فهو النيتروجين ،  
العنصر رقم ٧ .

عندما اكتشف الكيميائيون الأكسجين في السبعينيات من القرن السابع عشر ،  
اكتشفوا أيضاً الغاز الآخر في الهواء . وهو لا يساعد على الاحتراق ، فإذا  
وضعت شجرة في إناء مقلل فيها تستنفد  $\frac{1}{4}$  الهواء ثم تملئ . ، لأنه بعد اختفاء  
الأكسجين يصبح الجزء المتبقى غير قادر على إشعال الشمعة ولا على استمرار

الحياة أيضاً . فإن العنبران التي توضع في إناء مغلق تحتقى ثم تموت بعد  
قناد الأكسيجين .

وقد أطلق « شيل » في عام ١٧٧٢ على هذا الجزء من الهواء «الهواء الفاسد» ،  
أما « لانوازيه » فقد أسماه « أزوت » ، نسبة إلى الكلمات اليونانية التي تعني  
« لا حياة » ، ولا زال هذا الاسم مستخدماً في اللغة الفرنسية وكذا الإنجليزية .  
ويطلق حتى الآن اسم مركبات الأزوت على بعض المركبات التي تحتوي على  
النيتروجين . وترجم التسمية الإنجليزية «لنيتروجين» إلى وجود النيتروجين في  
جزيئات بعض المعادن المنتشرة والمعروفة باسم « نيتر » ( يعرف حالياً باسم ملح  
البارود ) ، وعلى ذلك « فالنيتروجين » يعني العنصر المكون للنيتر .

ولاحظ أن النيتروجين غير سام ، ولا غرو فهو يكون أربعة أخماس الهواء .  
ونحن نتنفسه في الشهيق والغير باستمرار ، وهو غير ضار بالمرء في الظروف  
الطبيعية . وإننا نموت في النيتروجين النقي فقط لأننا في حاجة إلى الأكسيجين .  
وعلى ذلك فنقص الأكسيجين هو الذي يفضي إلى الموت وليس النيتروجين .  
( وبهذه المناسبة ينطبق نفس الشيء على الإيدروجين ، فهو خافق وليس سام ) .

ولكن هناك حالة يصبح فيها النيتروجين ضاراً . فهو يذوب بقلّة في كل  
من الماء والهون ( وينطبق نفس الشيء على الإيدروجين ) . وبعض النيتروجين  
الذي يدخل أجسامنا عن طريق الرغّة يذوب في الدم والأنسجة . ولا بأس من  
هذا ، لأنه لا يضر ولا يعترض أي شيء آخر .

ولكن إذا كان النيتروجين مضغوطاً فإنه يذوب بكية أكبر ، ويحدث هذا  
في التواقيس الناطقة تحت الماء عندما يقوم الغوّال بخر الأثاق تحت الأنهار ، فيزداد  
ضغط الهواء لينعج تسرب الماء للداخل ، وتصبح أجسام هؤلاء الأشخاص محملة بكية  
زائدة من النيتروجين . ومع أن الغاز ذائب في الماء ، إلا أنه مع ذلك لا يضر الجسم .

ولكن لو فرض أن مثل هذا الشخص خرج من تحت الماء ، وعاد فجأة إلى الضغط الجوي الطبيعي ، فمئذ لا يتحمل دمه وأنسجته هذه الكمية الزائدة من النيتروجين فتخرج فقائيم النيتروجين من أعضائه وأوعيته الدموية ومن كل مكان ، وتكون لها تأثيرات مؤلمة جداً وقد تكون مميتة . وتعرف هذه الحالة « بالانشاءات » .

ولهذا السبب يوضع الأشخاص الذين يعملون تحت ضغط مرتفع في « جبرات تخليل الضغط » حتى يعودوا تدريجياً إلى الحالة الطبيعية ويتخلصوا من النيتروجين الزائد بالتدرج .

#### فائدة الحمول :

تكون جزئى النيتروجين من ذرتين ، وهذا يذكرنا بالأوكسجين والإيدروجين مع فرق واحد هام ، وهو شدة ارتباط ذرتى النيتروجين ببعضهما بدرجة تفوق ارتباط ذرات الأوكسجين والإيدروجين في جزيئاتها . وفي الحقيقة ترتبط ذرات النيتروجين بشدة ببعضهما حتى إنهما نادراً ما تنفصلان لتتحدوا بأنواع أخرى من الجزيئات أو القرات .

والنتيجة هي أن جزيئات النيتروجين مرفمة أو متكبرة ( إذا جاز لنا أن نصفها بهذا التعبير ) ، فهي لا تتفاعل مع معظم المواد الأخرى إلا إذا كانت تحت ظروف غير عادية . والناز لا يمتزج في الأوكسجين ولا يساعد على إشعال أى شئ آخر تقريباً . وعادة ما يصف الكيميائيون النيتروجين بأنه عنصر « خامل » .

ولا يخطر ببالك أن النيتروجين عديم الفائدة نظراً لحوله ، فإنا قد نحتاج باقات لهذا الحمول . مثال ذلك : أن المصباح الكهربائى يحتوى على سلك معدنى يمتصن لدرجة التوهج إذا مر فيه تيار كهربائى . فإذا كان المصباح مملوءاً بالهواء ، يتعهد المعدن الساخن لدرجة التوهج مع الأوكسجين ويحترق في الحال . على ذلك ،



فقد كانت تصنع المصاييح الكهربائية في البداية بسحب كل الهواء منها، حتى تصبح خالية من أى غاز . وتسمى هذه الحالة من الفراغ « بالتخلخل »، ولكن حالة التخلخل لم تكن مرضية — فقد كان من السهل أن تتبخر ذرات المعدن في هذا الجو والمخلخل، مما يؤدي إلى تآكل هذا السلك المتوهج أكثر فأكثر حتى ينقطع . ولذا ملئت هذه المصاييح بالنيتروجين الذى يمكن الحصول عليه بكميات وافرة من الهواء السائل . ويعمل النيتروجين على الإقلال من تبخر السلك المعدنى ، وبما أنه خامل فلا خوف من أن يتحد مع المعدن . وهذا يعمل بدوره على إطالة عمر المصباح الكهربائى .

وتظهر بعض المشاكل عند لحام المعادن في درجات الحرارة العالية ، وذلك لأن المعدن المرتفع الحرارة يتحد مع أكسجين الجو . وبما أن موقد الإيدروجين المؤكسد لا يحتاج للهواء عند احتراقه ( نظراً لأنه يخزن الأكسجين كما رأينا في الفصل الثانى ) لذا يمرر تيار مستمر من النيتروجين لحماية المعدن من الهواء أثناء لحامه ، وبذا يبقى المعدن تقياً غير متحد ، حتى في درجات الحرارة العالية ، ويتم عملية اللحام على الوجه الأكمل .

#### دفع النيتروجين للعمل :

ومع أن غاز النيتروجين عديم النفع في الحياة ، فهناك بعض المركبات التى تحتوى على النيتروجين ، وهى من الضروريات الأساسية للحياة . وتحتوى معظم المواد الهامة في أجسامنا ( وكل أجسام الكائنات الحية ) على نيتروجين .

فمن أين يأتى هذا النيتروجين ؟ لا يمكن لنا ولا للحيوانات الأخرى والنباتات الحصول عليه من الهواء . ولا يمكن الاستفادة من النيتروجين الذى تتنفسه . والإجابة هى أننا نحصل عليه من مواد موجودة في الأطعمة التى تتغذى عليها . وتشكون بعض الأطعمة من اللحوم التى حصل عليها من حيوانات أخرى ، ونحتوى هذه اللحوم على النيتروجين .

فمن أين جاءت هذه الحيوانات بالنيتروجين ؟ حصلت عليه بأكلها حيوانات أخرى قمت على النباتات . وعلى ذلك إذا تتبعنا مصدر كل النيتروجين الموجود في أجسامنا وأجسام كل الحيوانات الأخرى لوجدنا أن مصدره هو النبات .

لن أين يحصل النبات على النيتروجين ؟ يحصل عليه من مركبات معينة موجودة في الأرض. تحتوي جزيئاتها على ذرات نيتروجين . وتسمى هذه المركبات « بالنيترات » . وملح البارود ( النيتر ) الذي أشرت إليه في بداية هذا الفصل هو نيترات .

ويحتل الحيوان أو النبات بعد أن يموت . ومعظم النيتروجين الذي في الجسم يحفظ في التربة على شكل يمكن أن يستفيد منه النبات . وبهذه الطريقة تبقى التربة على خصوبتها . وتحتوي فضلات الحيوانات أيضاً ، مثل روث البهايم ، على النيتروجين في شكل يمكن أن يستفيد منه النبات . فالسباخ على ذلك مخصب للتربة . وهو ذو أهمية كبيرة في المزارع البدائية إذ يخلط التبن مع مخلفات الأسطبلات ويخزن بعناية .

وطلق على دورة مركبات النيتروجين المفيدة من الأرض إلى النبات ثم إلى الحيوان وثانياً إلى الأرض «دورة النيتروجين» . وتتوقف هذه الدورة في حالتين : أولاً ، عندما يتحلل جسم ميت أو تبقى فضلات الحيوانات كما هي ، فتفصل بعض ذرات النيتروجين من المركب وتصبح جزيئات نيتروجين وتتسرب إلى الجو ولا يستفاد بها . وثانياً ، النيترات الموجودة في التربة ، وهي قابلة للذوبان في الماء ، تذهب إلى البحر بعد ذوبانها في مياه الأمطار .

وما لم يقابل هذا الخسار إمدادات جديدة من النيتروجين لكان مصير الحياة في هذه الأرض إلى القضاء . لا بد أن بعض المركبات المحتوية على النيتروجين تدخل بطريقة أو أخرى إلى التربة . والهواء هو المكان الوحيد الذي تحصل منه هذه المركبات على النيتروجين الجديد . ولكن كيف ؟

وللإجابة على هذا السؤال نذكر مثلاً واحداً ، وهو الرعد . ففي كل مرة يتطلق فيها البرق نجد أن كل النيتروجين المجاور لهذا البرق يدخل إلى الاتحاد مع الأكسجين .

وتتسكن الطاقة الناتجة من هذا الهرق للقيام بهذه العملية الصحية . وتذوب مركبات النيتروجين والأكسجين في مياه الأمطار مكونة مركباً يعرف باسم « حامض النتريك » . ويتكون جزء هذا الحامض من ذرة نيتروجين وذرة إيدروجين وثلاث ذرات أكسجين . وعندما يختلط هذا الحامض بالتربة يتحول إلى نترات .

ويعتبر حامض النتريك من أقوى الأحماض ، وإذا استعمل بإهمال فقد يؤذي الجلد والعيون ، وتعتبر كمية الحامض الموجودة في قطرة من المطر من الصغر بحيث لا يلتفت إليها . ومع ذلك تتساقط أعداد هائلة من قطرات الأمطار في كل أنحاء الأرض كل يوم . وتقدر كمية حامض النتريك التي ترسب على الأرض كل يوم من الرعد بحوالى ٢٥٠٠٠ رطل .

وقد تبدو هذه الكمية كبيرة لأول وهلة ، ولكن إذا وزعت على جميع أنحاء العالم يتضح أنها ليست كذلك ، ولا تكفى لجمال دورة النيتروجين تتم بسرعة كافية . ومن حسن الحظ أن هناك إجابة أخرى تفوقها أهمية : ألا وهى البكتريا .

تعيش بعض أنواع البكتريا في التربة ويمكنها الاستفادة من جزيئات النيتروجين في الجو . ولا يمكن لأى كائن حي سواها أن يفعل هذا . وتعمل البكتريا على اتحاد النيتروجين مع أنواع أخرى من النترات لتكوين بعض المركبات التي يستفيد منها النبات . وتعيش هذه البكتريا في عقد موجودة في جذور بعض النباتات مثل الحبوب واللوية والبرسيم والفلو السوداني . وقد قدرت كمية غاز النيتروجين التي تحولها البكتريا إلى مركبات بأربعين رطلا لكل فدان في السنة .

وحق الرومانيون القدامى كانوا على علم بهذه الحقيقة وهى أن الأرض تزداد خصوبتها إذا ما زرت بمثل هذه النباتات ثم حرثت بعمد ، ويكون محصول الزرع في العام التالى قوياً ووفيراً .. وبلا جدال فإن كل الكائنات

## في الحرب والسلام .

من الضرب كما أشرت سابقاً ، أن يتحد النيتروجين بالعناصر الأخرى ليكون مركباً ما . ولكن هذه المركبات سهلة الانحلال إذا ما تكونت فعلاً . وتترات النشادر مثال على ذلك ، ويحتوى الجزء على ذرتين من النيتروجين وأربع ذرات من الإيدروجين وثلاث ذرات من الأكسجين ، ويدنو في الظروف العادية مجرد مادة بيضاء تشبه الأملاح غير الضارة .

ومع ذلك إذا سخن جزئ تترات النشادر تفسكك وانطلقت منه كمية كبيرة من الطاقة وهي بدورها تكفي لتحطيم الجزيئات المجاورة ومنها إلى غيرها . وفي أقل من لمح البصر تحتق كل كمية تترات النشادر بفرقة شديدة . وبذا تعتبر تترات النشادر من « المفرقات » — لاحظ الفرق بين تترات النشادر والإيدروجين : يتفجر الإيدروجين باتحاده مع الأكسجين ، فإذا أبعدت عنه الأكسجين يمكنك التصرف فيه كما تشاء ، وبذا نجد أن تترات النشادر ليست في حاجة إلى أى مساعدة وإنما تنفجر من تلقاء ذاتها .

وقد حدث في ميناء تكساس بولاية تكساس سنة ١٩٤٧ أن انفجرت باخرة محملة بتترات النشادر فقضت على المدينة كلها وخربتها كما لو كانت قدرتها أسراب من الطائرات بالقنابل .

وأهم المفرقات الأخرى هي « النيتروسيلوز » و « النيتروجليسرين » و « الترينتوتولوين » . ولعلك تلاحظ كلمة « نيترو » في كل اسم وهي تعني أن الجزء يحتوى على ذرات من النيتروجين . ولعلك تعرف « ثلاثي نيتروتولوين » بحروفه الأولى ( ت . ن . ت . ) .

ولتستخدم المفرقات وقت السلم في تصجير العوائق وإزاحتها لشق الطرق

والتناخم .. الخ . ويزداد استغلالها بالطبع في الحروب ، فهتم الدول أثناء الحرب بضمان تخزين كميات كبيرة من الفرقعات .

والتترات كمصدر للنتروجين من أهم المواد الخام اللازمة لصناعة الفرقعات . وقبل الحرب العالمية الأولى كانت صحراء جرداء في شمال شيلي هي المصدر الرئيسي للتترات ، فقد رآكت فيها التترات نتيجة لجفاف بعض البحيرات التي وجدت قبل التاريخ ، ولم تسكن الأمطار كافية لتسل تلك الأملاح .

وسيطرت بريطانيا بعد الحرب العالمية الأولى على البحار مما جعل من السعير على ألمانيا تسيير البواخر المحملة بالتترات من شيلي وفك الحصار القائم عليها . وبدأت ذخيرة الألمان تنفذ كلما تقدمت الحرب ، وطاش صوابهم ، فيما النتروجين عملاً الجو وهو في متناول يد الجميع ومع ذلك لا فائدة فيه .

وقد اكتشف الكيميائي الألماني « فريز هابر » مخرجاً جديداً حيث وجد أن النتروجين يمكن أن يتحد مع الإيدروجين إذا خلطه بطريقة صحيحة وسخنا لدرجة حرارة عالية تحت ضغط مرتفع ، مع إضافة بعض التترات إلى المخلوط . ووجد أنه قد تكونت جزيئات تحتوي على ذرة نتروجين وثلاث ذرات إيدروجين تحت هذه الظروف المينة . ويسمى هذا المركب من الإيدروجين والنتروجين « بالأمونيا » أو النشادر .

وحلت المشكلة بالحصول على الأمونيا . فمن السهل تحويل الأمونيا إلى تترات ثم إلى فرقعات . وبذا حصلت ألمانيا على كل حاجتها من الفرقعات ، واستمرت محاربتين ، وكانت تكسب الحرب العالمية الأولى . ولولا طريقة « هابر » لاستسلمت ألمانيا سنة ١٩١٦ .

ويمكن الاستفادة بطريقة هابر في الأغراض السلمية . وتنتج الولايات المتحدة وحدها ٣٠٠.٠٠٠ طن من الأمونيا في السنة بهذه الطريقة من النتروجين من الهواء

الجوى والإيدروجين من الماء . ويمكن تحويل هذه الأمونيا إلى مفرقات وإلى السماد . ويستعمل المزارعون الآن سماداً كيميائياً نظيفاً بدلاً من اعتمادهم على فضلات الحيوانات .

### غاز ذورائحة:

والأمونيا السابق ذكرها هي إحدى المواد الكيميائية اللازمة في المنازل . وهي غاز خفيف في درجة الحرارة العادية ( يبلغ نصف قتل الهواء ) . وزاه دائماً ذائباً في الماء مكوناً ما يسمى « ماء الأمونيا » ، وأحياناً يسمى « روح النشادر » ، ويستخدم لتنظيف الأسطح الزجاجية في المنازل .

والأمونيا لها رائحة على عكس النيتروجين والإيدروجين والأكسجين . وهي رائحة فاذة حادة مزعجة وغير سارة . وماء الأمونيا المادى المستخدم في المنازل ضعيف بدرجة لا تؤذى . أما المحاليل القوية المستخدمة في المعامل الكيميائية فيجب تناولها بحذر وبهوية كافية .

وذوبان الأمونيا في الماء غير مادى ، فلا يوجد أى غاز ينوب في الماء بمثل سهولة الأمونيا . وتذكر أننى قلت لك في الفصل الأول إن الأكسجين قليل الذوبان في الماء وإن الأسماك تعيش على الجزء اللذاب . وفي الواقع يذوب لتر من الماء البارد ٣ بوصات مكعبة من الأكسجين ، وبوصة ونصف بوصة مكعبة من كل من النيتروجين والإيدروجين . وقس هذا الحجم من الماء يذوب ٦٠٠٠٠ بوصة مكعبة من الأمونيا . وستعرض فيما بعد لبعض الغازات الأخرى التي تنوب في الماء ولكن ليس لأى منها هذه المقدرة الفائقة في الذوبان .

وتسهل إسالة النشادر ، على عكس النيتروجين والأكسجين والإيدروجين . وهو يتحول إلى سائل عند درجة ٢٨° فهرنهايت تحت الصفر . بل ويمكن إسالته في درجة حرارة الغرفة العادية .

والغازات التي تسهل إسالها ذات فوائد كبيرة. فعندما يتبخر السائل يمتص الحرارة اللازمة له من الجو المحيط به. وهو يفعل هذا ليجد جزئياته بالطاقة اللازمة لانطلاقها بعيداً عن السائل ( فإذا وضعت قطعة من الماء أو من الكحول في كفك وتحتها يبطء ، فلاحظ انخفاض درجة حرارة الجلد تحت السائل الذي يتبخر ) .

وإذا تحول غاز الأمونيا تحت ضغط إلى سائل ، ثم خفف الضغط ليتبخر بسرعة ويتحول إلى غاز مرة ثانية، فإنه يمتص الحرارة من الهواء والأجسام المحيطة به . وإذا تكررت هذه العملية عدة مرات فإنه يستمر في امتصاص الحرارة . وقد بنيت التلاجات الكهربائية على هذا الأساس ، وكذا تبقى آلات التجميد باردة . ويمتاز الأمونيا « مبرداً » ولكنها ليست أسلم أنواع المبردات ، لأنه إذا وجد تهب في الأنابيب تسرب الناز وأصبح غير مقبول بل وأحياناً خطيراً . ونظراً لأنه رخيص فهو يستخدم دائماً في التلاجات الكبيرة الصناعية .

وليسه سائل الأمونيا الماء إلى درجة كبيرة من الناحية الكيميائية . ويتنبأ بعض الأشخاص بوجود محيطات من الأمونيوم السائل في الكواكب التي تنخفض درجة حرارتها عن الأرض ، وقد يوجد نظام كيميائي متكامل (وربما بعض أشكال الحياة) يقوم على أساس الأمونيوم كما يقوم في الأرض على أساس الماء .

### الناز المضحك :

يتحد النيتروجين بالأكسجين ( بشيء من الصعوبة ) بطرق مختلفة . وأهم المركبات الناتجة غاز يسمى « أكسيد النيتروز » ويحتوى الجزئ منه على ذرتين من النيتروجين وذرة أكسجين .

ويتمكك أكسيد النيتروز بسهولة إلى نيتروجين وأكسجين . ويكون الأكسجين  $\frac{1}{3}$  المخلوط الناتج . وبهذه النسبة يكون أعلى من نسبته في الهواء المحيط بنا ، حتى إننا لو أدخلنا شظية متقدمة في أنبوبة اختبار بها أكسيد النيتروز

فإنها مشتمل بلهب . غرارة الطرف المتقد تمكك أكسيد النيتروز وبأقـ  
الأكسجين الناتج على بقية الشظية .

وأكسيد النيتروز «نخدر» ، إذا استنشقه الإنسان (مخلوطاً مع الأكسجين) .  
فقد أى شعور بالألم . وقد بدأ استخدامه فى التخدير فى الأربعينيات من القرن  
التاسع عشر عندما جربه أحد أطباء الأسنان على نفسه . ولا زال يستعمله  
الجراحون وأطباء الأسنان حتى الآن . وأحياناً تكفى كميات قليلة من أكسيد  
النيتروز لإحداث تأثيرات غريبة على الناس تجعلهم يتصرفون بشكل هستيرى .  
فقد يقاتلون أو يصرخون أو يضحكون . ولهذا يطلق غالباً على أكسيد النيتروز  
اسم « الغاز المضحك » ، وإن كان فى الواقع لا يثير الضحك ، لأنه قد يقتل أيضاً .  
فالمخدرات عموماً هى مواد تحتاج لعناية خاصة عند استعمالها . ويقوم أخصائى  
التخدير أثناء العمليات الجراحية بمراقبة تأثيرها ويعرف بخبرته الطويلة وتعمده  
الدقيق ما يجب عليه عمله .





## الفصل الرابع

الريانيوم

العنصر ذو الاكتفاء الذاتي

## الاكتشاف في ضوء الشمس:

إن ضوء الشمس الأبيض ما هو في الحقيقة إلا خليط من كل الألوان الممكنة .  
وإذا مر الضوء خلال مثلث زجاجي يسمى « المنشور » ، فإنه يخرج منه على شكل  
قوس قزح ، يعرف باسم « الطيف » .

وعند تسخين العناصر إلى درجة حرارة مرتفعة ، يتحلل الضوء الناتج  
بحروبه في منشور زجاجي إلى خطوط مضيئة مختلفة الألوان. ولكل عنصر خطوطه

المميزة له . فإذا تعرفت على ترتيب هذه الخطوط في الطيف أمكنك الاستدلال على العنصر الذى يعطى هذه المجموعة بالذات من الخطوط . وقد تمكن الفلكيون بهذه الطريقة من معرفة أنواع العناصر الموجودة في الشمس والكواكب الأخرى .

وقد لاحظ كل من هالي الفلك « مير جانسن » الفرنسى ، و « سير جوزيف نورمان لوكير » الإنجليزى ، أثناء خسوف الشمس سنة ١٨٦٨ وجود خطوط غريبة في الطيف لا تنتمى إلى أى عنصر معروف . واستنتج « لوكير » أنها لابد أن تكون قد نتجت عن عنصر جديد أسماه « هيليوم » نسبة إلى كلمة « شمس » باليونانية .

وفي سنة ١٨٩٩ وبينما كان سير « وليام رامزى » ، الكيمائى البريطانى ، يفحص أحد الغازات المتصاعدة من نوع من خام اليورانيوم ، اختبر نوع الضوء الناتج عند تسخينه . وقد أخذه الدهشة عندما اكتشف أن الضوء الناتج يمروره في منشور زجاجى قد تحلل إلى نفس الخطوط التى اكتشفها لوكير في ضوء الشمس . وهكذا أمكن اكتشاف عنصر في الشمس قبل اكتشافه على الأرض بخلافين عاماً .

والهيليوم هو العنصر رقم ٢ ويحتل في بساطة تركيبه الثانى بعد الإيدروجين . وهذا يفسر أنه تانى العناصر انتشاراً في العالم . وكما رأينا أن الإيدروجين يكون ٦٠٪ من مجموع القرات في العالم ، يكون الهيليوم أكثر من ٩٪ بينما مجموع كل القرات الأخرى يقل عن ١٪ .

ويشدر « جداً » وجود الهيليوم في الأرض لنفس السبب الذى يجعل الإيدروجين نادراً « تقريباً » ، وهو غاز خفيف وذراته سريعة الحركة بحيث لا يتأثر بالجاذبية الأرضية . ويكثر الهيليوم في الهواء المحيط بالكواكب الكبيرة البعيدة .

والهيليوم أندر وجوداً على الأرض من الإيدروجين . ويرجع ذلك أولاً إلى قلة المادة التى يمكن أن يبدأ بها ، وثانياً لأن ذرة الهيليوم عندها اكتفاء ذاتى ،

ولا تقبل للاتحاد بذرات أخرى . فحتى ذرات الهيليوم لا تتحد بعضها ببعض .  
لذا نجد أن غاز الهيليوم يحتوى على ذرات منفردة تتحرك في عزلة تامة ، وعلى ذلك فالحزى « أحادى القوة » ، بمس غاز الأكسجين والهيدروجين والنتروجين حيث توجد ذرتان في الحزى الواحد ، يسمى « ثنائى القوة » ، والاوزون « ثلاثى القوة » .

وبينا تبقى بعض غاز الایدروجين على الأرض بسبب اتحاد بعض الذرات الثقلية مكوناً مركبات ، فإن الهيليوم لم يكون أى مركب بالرة ، وعلى ذلك لم يلبق منه شيء .

#### غاز الأمان :

أنظر إلى الجدول الدورى (شكل ١) تجد العنصر رقم ٢ (الهيليوم) فى مجموعة تتضمن العناصر رقم ١٠ و ١٨ و ٣٦ و ٥٤ و ٨٦ وهى تشابه جميعاً فى بعض النواحي . وأهم تشابه بينها ، هى أنها جميعاً غازات ، وأن ذراتها لا تتحد بأى ذرات أخرى ولكنها أحادية القوة . ولنا يطلق عليها جميعاً « الغازات الخاملة » . ويستند البعض أن هناك بعض الأرستقراطيين فى هذه الزلة ، لذا تسمى هذه المجموعة أحياناً « الغازات الثيلة » .

وهذا الحول يجعل تلك الغازات ذات فائدة فى بعض النواحي أكثر من النتروجين . وقد رأينا أن بعض المادّن يتم لحامها تحت تيار من النتروجين . ولكن بعض المادّن تصبح نشيطة بالتمسخين الشديد لدرجة أنها تتحد بالنتروجين ، ولذا يستبدل بالنتروجين غاز الهيليوم أثناء اللحام لأنه لا يتحد بأى شيء .

وكذا ، فنظراً لأن الغاز خفيف فهو بديل للایدروجين فى ملء المناطيد والبالونات . ومع أن وزن ذرة الهيليوم ضعف وزن ذرة الایدروجين إلا أنها  $\frac{1}{2}$  وزن الهواء . وتبلغ قوة رفع الهيليوم ٩٣٪ من قوة رفع الایدروجين ، وهو

كافية. وزيادة على ذلك فالهيليوم أفضلية على الإيدروجين من ناحيتين : أولاً ، نظراً لأنه لا يشتمل في أى ظرف ، فلا خوف من الاحتراق أو الانفجار . وثانياً ، بما أن ذراته أقل من جزيئات الإيدروجين فلا خوف من تسربه من حقيبة الغاز بنفس سرعة الإيدروجين .

من أين نأتى بالهيليوم للمناطيد ؟ حقيقة يوجد هيليوم في الهواء ولكن بنسبة ذرة في كل مليون ذرة . ولكن جمع هذه النسبة الضئيلة من الهواء (وهو خليط من النيتروجين والأكسجين) بكمية تكفى للملء حقائب المنطاد الضخم ، شكلتنا الكثير . كما أننا نحصل على الهيليوم من آبار الغازات والريوت في جنوب الولايات المتحدة . وتنتج هذه الآبار خليطاً من الغازات القابلة للاشتعال يسمى « الغاز الطبيعي » ، ومنها يمرر في أنابيب لاستعمالها في الطبو في المنازل . وبعضها ينتج الهيليوم أيضاً . وقد تبلغ نسبة الهيليوم ١ أو ٢٪ من مجموع الإنتاج ، ولكن طريقة فصله عن الغاز الطبيعي سهلة للغاية . وكانت الولايات المتحدة الدولة الوحيدة التي تمتلك كيات وإثارة من الهيليوم تستعملها في ملء المناطيد وما يفيض عن حاجتها تبيعه لدول الأخرى ، وقد امتنعت الولايات المتحدة عن بيعه لألمانيا سنة ١٩٣٠ لأسباب سياسية ، وملك المنطاد « هندبرج » بالإيدروجين ، وفشلت المناطيد - حتى بعد ملئها بالهيليوم - لأنها تتعرض للتعطيل إذا ما حاصرتها العواصف .

والهيليوم أقل ذوباناً من كل الغازات المعروفة . ويبلغ أقل من نصف ذوبان النيتروجين . لذا يزود الغطاسون في أعماق البحار بنوع معين من الهواء ، يتكون من ٢٠٪ أكسجين ، مثل الهواء العادى ، و ٨٠٪ هيليوم بدلاً من النيتروجين . وكل الغازات الخاملة خاتمة وليمت سامة ، والهيليوم أقل ضرراً من النيتروجين لأنه أقل ذوباناً في الدم والأنسجة ، ويمكن رفع الغطاس بسرعة إلى سطح الماء بدون خطر يذكر .

ومخلوط الهيليوم والأكسجين أخف من النيتروجين والأكسجين، لذا يسهل إدخاله وإخراجه من الرئة، ويمطى أحياناً للمرضى المصابين بالربو أو الذين يجدون صعوبة في التنفس أثناء تخديرهم .

ونظراً لخفته يستخدم في الأقنعة الهوائية. ومع أنه مرتفع التكاليف إلا أنه يمكن سحبه بسرعة كبيرة أسهل من الهواء العادى . ( فلهواء أثقل بكثير من الهيليوم ) ويمكن اختبار احتمال الطائرات بنفاذ الهيليوم السريع الحركة .

فإذا اشترت بالوناً طياراً في الأعياد والاحتفالات في أمريكا فاعلم أن الهيليوم بين يديك لأنه هو الغاز الذى ملئت به البالونات .

### أكثر درجات الحرارة انخفاضاً :

هناك مقاييس حرارة عديدة . ولكن أكثرها انتشاراً في الولايات المتحدة هو المقياس الفهرنهايتى . فيذوب الثلج عند درجة ٣٢، ويطغى الماء عند درجة ٢١٢، ودرجة حرارة الحجرة ٧٥، وتتراوح درجة حرارة الجسم بين ٩٨ و ٩٩ درجة .

أما في الدول خارج الولايات المتحدة مثل بريطانيا العظمى وأجزاء من الكومنولث البريطانى فيستخدم مقياس الستيجراد. فيذوب الثلج عند درجة الصفر، ويطغى الماء عند درجة ١٠٠ ، ( وهذا النظام ملائم تماماً )، وتصبح درجة حرارة الحجرة ٢٥ درجة، ودرجة حرارة الجسم ٣٧ درجة تقريباً. وعلى ذلك فكل درجة ستيجراد من المقياس المتوى تعادل ١.٨ من المقياس فهرنهايت . ويستعمل كل العلماء في العالم بما في ذلك الولايات المتحدة وبريطانيا العظمى المقياس المتوى فقط.

ولا شك أنك تذكر أن الجزيئات في حالة حركة دائمة على شكل اهتزازات. وكلما زادت درجة الحرارة زادت سرعة حركتها . وكلما قلت درجة حرارتها ، قلت

حركة اهتزازها . فهل هناك درجة حرارة منخفضة جداً بحيث تقف عندها حركة الجزيئات ؟

نعم تسمى درجة الحرارة التي تتوقف حركة الجزيئات عندها «بالصفر المطلق» ، وهو أقصى درجة منخفضة تصل إليها درجة الحرارة . والصفر المطلق يقل عن الصفر المئوي بـ ٢٧٣ درجة ، ودرجة الحرارة هذه هي الصفر على التدرج المطلق . ويتساوى حجم الواحدة على كل من التدرجين المئوي والمطلق . فعلى التدرج المطلق ينوب الثلج عند درجة ٣٢ ، وينفى الماء عند درجة ٣٧٣ ، ودرجة حرارة الجو ٢٩٨ درجة ، وحرارة الجسم ٣١٠ درجة مطلقة .

ولكن ذرات الهيليوم تختلف عن غيرها في أنها لا تتحد مع ذرات من نفس النوع لتكوين سائل إلا إذا كانت درجة الحرارة منخفضة جداً بحيث تكاد الذرات لا تتحرك عندها . ولذلك فمن الصعب جداً إسالة الهيليوم .

وإذا اعتبرنا أن الصفر على التدرج المطلق حد أقل الدرجات الحرارية الممكنة ، فنجد أن الأكسجين يسيل عند درجة ٩٠ ، ويجب زيادة تبريد النيتروجين حتى يسيل عند درجة ٧٨ ، والإيدروجين أصعب بكثير ، فيجب تخفيض درجة الحرارة إلى ٢٠ ، ولكن لن يسيل الهيليوم إلا إذا وصل إلى انخفاض يصل إلى ٤ درجات . وعندما تصل درجة الحرارة إلى درجة واحدة فقط يتحول الهيليوم إلى صلب تحت ضغط مرتفع .

وتحدث أشياء غريبة عند درجة الحرارة المنخفضة التي يسيل عندها الهيليوم ، فتفقد بعض المواد ، مثل الزئبق والرصاص ، كل مقاومتها للتيار الكهربائي ويمكنها أن تنقل التيار الكهربائي إلى الأبد وتسمى هذه الحالة « فوق التوصيل » . وتفقد المواد « فوق — موصلة » ، مع ذلك ، هذه الصفة إذا مر بها الكثير من الكهرباء .

وتصنع بعض المحولات الكهربائية من أسلاك رفيعة مثل الشعر بحيث يمر بها تيار ضعيف وينقطع في درجة حرارة الهيليوم السائل أثناء اكتسابها وفقدتها لخاصية فوق التوصيل . وهي تسمى كريتروونات . وقد تستفيد الآلات الحاسبة في المستقبل بهذه المحولات الصغيرة . عندئذ تصبح هذه الآلات والتي في حجم الحجرات الكبيرة من الصغر بحيث توضع على مكتب وبالطبع لا بد أن نعلم في سائل الهيليوم حتى نعمل :

ويكتسب الهيليوم نفسه هذه الخاصية الغير عادية تحت درجة ٢.٢ . وقد أطلق عليه اسم خاص هو هيليوم ٢ . ويوصل هيليوم ٢ الحرارة بسرعة أكبر من أى مادة أخرى . بل ويمكنه أن ينفذ من الثقوب الصغيرة جداً التي لا يمكن أن ينفذ منها الهواء . وهو يظف الزجاج ويطفو إلى أعلى على جوانب الكاس ثم يعبر الحافة ويسيل على الجوانب وتسمى مثل هذه الظاهرة « فوق السيولة » ويمدئ الكيميائيون اهتماماً خاصاً بهذه الظاهرة الغريبة ، وهم يبحثون عن نظريات جديدة لتفسيرها . أما سائل الهيليوم فوق درجة ٢.٢ فهو لا يظهر أيأ من هذه الصفات ويسمى هيليوم .

### الغاز الخامل الأول :

اكتشف « لورد رالي » الغاز الخامل الأول سنة ١٨٩٤ . ( اكتشفه سيروليم رامزي بعد ذلك بأربع سنوات على الأرض ) .

وكانت أول إشارة لوجوده في سنة ١٧٨٥ عندما أجبر العالم البريطاني « هنرى كاندش » كميات كبيرة من النيتروجين على الاتحاد بالأوكسجين بواسطة إمرار شرارة كهربائية في هذا المخلوط . وقد وجد أن كمية الغاز لم تتحد بهما فعل .

وقد وجد رالي - بعد ذلك بمائة عام - أن النيتروجين المحضر من الهواء أثقل



قليلاً من النيتروجين المحضر من المواد الكيميائية. وجزم بأن الهواء لابد أن يحتوى على عنصر غير معروف أثقل من النيتروجين . وطم هو ورامزى بتقطير الهواء السائل تقطيراً جزئياً بدقة ووجدوا العنصر الجديد : وكان هو العنصر رقم ١٨ . ونظراً لأن ذراته رفضت الاتحاد بذرات أخرى فقد أسماه « أرجون » : مشتقاً من كلمة يونانية تعنى « الكسول ».

والأرجون هو أكثر الغازات الخاملة انتشاراً ، ويكون ١/١ من الهواء تقريباً . ويستخدم الآن في المصابيح الكهربائية بدلاً من النيتروجين ، فهو أخف منه وأقل تأثيراً على الأسلاك الساخنة البيضاء . ويستخدم كذلك في عمليات اللحام بدلاً من النيتروجين لنفس السبب .

#### أضواء برودواى :

اكتشف « رامزى » ثلاثة غازات خاملة أخرى في الهواء السائل في التسعينيات من القرن التاسع عشر . وسمى العنصر رقم ١٠ « نيون » : مشتقاً من كلمة يونانية تعنى « جديد » ، كما اقترحه ابنه البالغ من العمر ١٢ عاماً . وسمى العنصر رقم ٣٦ « كريبتون » : مشتقاً من كلمة يونانية تعنى « مخفى » . وسمى العنصر رقم ٥٤ « زينون » : مشتقاً من كلمة يونانية تعنى « غريب » .

وكما زاد تعقيد ذرات الغاز الخامل كان من الممكن إيسالته . فيغلي النيون في درجة ٢٧ المطلقة - أعلى قليلاً من الإيدروجين ، ويغلي الأرجون عند درجة ٨٧- أقل قليلاً من الأكسجين ، ويغلي الكريبتون عند درجة ١٢٠ ، ويغلي الزينون عند درجة ١٦٦ . ( ولن أناقش الآن العنصر رقم ٨٦ ، فهو أكثر الغازات الخاملة تعقيداً ، وسأتناوله بتوسع في نهاية الكتاب ) .

والغازات الخاملة كلها نادرة باستثناء الأرجون : إذ يحتوى مليون قدم مكعب من الهواء على ٩٣٤٠ قدماً مكعباً من الأرجون و ١٨ قدماً مكعباً فقط من النيون

و½هـ قدماً مكعباً من الهيليوم ، وقدم مكعب من الكربيتون ، ومجرد ١٢ بوصة مكعبة من الزينون . وإتينا لنحصل على كميات كافية من هذه الغازات من الهواء السائل لاستخدامها في غرض طريف . وذلك عند وضعها في أنابيب طويلة يمكن تشكيلها في أشكال مختلفة أو كلمات ، وبإمرار تيار كهربائي خلالها تنتج ألواناً زاهية فيعطى النيون لوناً أحمر برتقالياً زاهياً - وقد خلع اسمه على « أضواء النيون » التي تملأ مدينة بروكواي وشوارع المدن الأخرى . ويعطى الكربيتون لوناً أخضر ، والزينون لوناً أزرق أو أخضر ، وقد تضاف غازات أخرى لإحداث تأثيرات لونية أخرى.

والزينون غاز ثقيل بشكل خاص ، وتوقف ذراته المعقدة أشعة إكس تماماً . وإذا أخذ بعض الأشخاص نفساً عميقاً من الزينون قبل أن يتعرض لعمل أشعة ( X ) على صدره فإنها تمنعها قواصيل مفيدة عن الرئتين . والزينون يرفع درجة حرارة الماك الرقيق في المصاميع الضوئية وبذا يزيد من توهجها .





أخرى . وهكذا ترتبط كل النترات في كتلة واحدة . وبدلاً من أن نجد صعوبة في جمعها نجد صعوبة في فصلها عن بعضها . وهذا يعني أن الكربون جسم صلب في درجة الحرارة العادية ، ويبقى صلباً حتى إذا سخن لدرجة الاحمرار ، ويمكن إسلاته فقط عند درجة ٣٥٠٠ مئوية . وهو بهذا له أعلى درجة انصهار بالنسبة لكل العناصر .

وإذا رأيت « الفحم » فقد رأيت الكربون - فقد اشتق اسم « الكربون » من الكلمة اللاتينية التي تعني الفحم .

والفحم أسود اللون وصلب وله لمعان ويحترق . وقد عرف من قديم الأزل ، وغالباً ما كان الإنسان يندفع عند ما يرى صخرة سوداء تحترق . وليس من السهل الإبقاء على قطعة فحم مشتعلة ، فهي تحتاج لمهارة . لذا استمر الإنسان يستعمل الخشب في إيقاد النار إذ أنه يسهل الحصول عليه ، ولم يكن إشعاله مشكلة بالرة . ولم ينتشر استعمال الفحم إلا في المائتي عام الماضية ، واستخدم في تدفئة المنازل ، وإمداد المصانع بالطاقة ، وفي صناعة الصلب ، وفي توليد الكهرباء . الخ .

ووصلت أهمية الفحم إلى قمتها سنة ١٩٠٠ . ومنذ ذلك الوقت ابتدأت أهمية البترول تزداد في نواح عدة . وسوف تلعب الطاقة النورية دوراً متزايداً في المستقبل . وحتى يومنا هذا فإن أى إضراب للعامل في مناجم الفحم له خطورته ، فيترتب على نقص الفحم توقف مصانع الصلب والسكك الحديدية والمصانع .

والنترات المكونة للفحم كانت أصلاً جزءاً من أجسام صلبة . وتحتوى كل الكائنات الحية على الكربون ، وهو يكون ١٠٪ من ذرات جسم الإنسان .

ويتكون جسم الإنسان والنبات أساساً ( ٩٩٪ منه ) من أربعة أنواع من النترات : الكربون ، والإيدروجين ، والأوكسجين ، والنيتروجين . وعندما تموت النباتات التي تنمو في المستنقعات فإنها تتحلل يبطء تحت الماء الذي وقعت

فيه . وتفكك الجزيئات المعقدة المكونة من كربون وإيدروجين وأكسجين ونيروجين إلى جزيئات أبسط ، قد تكون على شكل غاز مثل النيتروجين أو الأمونيا ، أو سوائل مثل الماء تفصل من النبات المتحلل ، وبذا تتشرب ذرات الإيدروجين والأكسجين والنيتروجين . وتفصل كذلك بعض ذرات الكربون على شكل جزيئات بسيطة ولكن وتبقى غالبية الكربون مكانها .

هكذا يتضح أن المواد النباتية المتحللة تتكون من كربون . ولتبدأ « بالخشب » الجلف الذي يكون الكربون ٥٠٪ من وزنه . ويتحول في المرحلة الأولى من التحلل إلى مادة يكون الكربون ٦٠٪ منها ، ثم يترك ليتحلل يبطه بعد تغطيته بالطين والتراب . وعندئذ يتكون « ليجنيت » ، وهو يتكون من ٦٧٪ كربون (ويطلق على أحد أنواع الليجنيت الصلبة السوداء القابلة للصقل لدرجة العمان « الكهرمان الأسود » ، ويستخدم في الرقعة . ولا يتمعمل كثيراً الآن . ولكننا ما زلنا نصف الأشياء الخالكة السوداء بأنها سوداء مثل « الكهرمان الأسود » ) . وإذا غمر بالمزيد من الطين ، عجل ضغط التراب عملية التحلل . ويتكون فحم بيتوميني يبلغ الكربون فيه ٨٨٪ . وتنتهى العملية بتكوين فحم الأثراسيت ، ويبلغ الكربون ٩٥٪ منه .

وتحترق الأخشاب بسهولة لأن جزيئاتها تفكك بالتسخين إلى جزيئات أبسط ، وهي التي تصاعد على شكل غازات مفتعلة . وهذه الغازات سهلة الاشتعال . ولهب الخشب لونه أصفر ومدخن . ولما كان الفحم يتكون تحت الأرض ، فإن الغازات المتضاعدة قتل باستمرار . ومن الصعب إشعال الفحم ولكن ما أن يشتعل حتى ينتج لهباً أفضل ذا حرارة أكثر ارتفاعاً من نيران الخشب . وينتج رطل الفحم ضعف الحرارة التي ينتجها رطل الخشب .

ولهب فحم الأثراسيت غير مدخن تقريباً . والفحم البتوميني يحتوي على

ذرات أخرى غير الكربون ، لذا فلهيه مدخن نوعاً . وإذا استعملنا جميعاً الفحم البتيوميني في أفراننا ، يصبح لهبه غير مريح وخطير على الصحة . لذا يفضل الناس استعمال فحم الأنتراسيت في منازلهم .

ويوجد الفحم البتيوميني بوفرة أكثر من الأنتراسيت . والمصانم وأفران الصلب التي تحتاج لكميات كبيرة من الفحم تستعمل الفحم البتيوميني . فلا غرو أن نجد مدينة مثل بتسبرج ، من أشهر المدن في صناعة الصلب ، يحيطها الدخان إلى ليل دائم . وتكون جزيئات الفحم الغير محترق في الهواء — والناتجة من حرق الفحم — سناجاً أسود يزيد من قذارة المدن بشكل أكثر مما كان عليه الحال عند استعمال الخشب لوقود . ويتسبب كل عام على مدتنا حوالي ٤٠٠ إلى ٥٠٠ طن من السناج على كل ميل مربع .

ويحتاج تكوين الفحم إلى الكثير من حياة النبات . وقد وجد أن طبقة الفحم التي يمكنها قدم واحد تحت الأرض تحتاج إلى عشرين قدماً من النبات المتحلل . فإذا تذكرت أن هناك ملايين الملايين من أطنان الفحم تحت الأرض ، فتصور عندئذ الأعداد اللانهائية من الغابات التي لا بد أنها ماتت وتحللت لتسكون هذه الكمية من الفحم ، ومئات الملايين من السنين التي احتاجتها لإحداث هذا التغير .

ولا يستخدم حرق الكربون من أجل الحصول على الحرارة لحسب . فإذا مر تيار كهربائي بين قضيبين متقاربين من الكربون ظهرت شرارة في الفجوة التي بينهما ، لأنه ينتج عندئذ احتراق بطيء للكربون يصاحبه ضوء أبيض قوی . وتستخدم « مصابيح القوس » هذه في أجهزة السينما والقانوس السحري لإعطاء ضوء ساطع بحيث تظهر الصورة بوضوح على الشاشة الكبيرة .

#### الصناعة المحلية للفحم :

قبل انتشار استخدام الفحم ، وعندما كانت النباتات تتمتع على مساحات شاسعة في أوروبا ، كان الناس يقومون بعمل الفحم بأنفسهم وخصوصاً أن الخشب

كان أرخص مما هو الآن . ويتم ذلك بدفن كميات كبيرة من الخشب في حفرة وتغطيتها بالتراب ثم إشعالها . ولواشتمل هذا الخشب في الهواء الطلق ، فإنه يحترق ولا يترك سوى رماد . أما تحت التراب ، فيتبقى جزء كبير من الفحم الغير محروق نتيجة لقلة الأكسجين . ونجد بعد إزاحة التراب أن الجزء الأكبر من المادة السوداء المتبقية هو غم نقي . ويسمى مثل هذا الفحم « بالفحم النباتي » ، ويشبه الفحم في أنه يحترق ببطء وفي أن له درجة حرارة عالية وأنظف من الخشب العادي .

ولكن هذه الطريقة غير اقتصادية ، فيراعى الآن عند صناعة الفحم النباتي تسخين الخشب بمزل من الهواء ، للاستفادة من السوائل والغازات الناتجة .

ويتميز مسحوق الفحم النباتي بمقدرته على « امتصاص » أنواع مختلفة من الجزيئات . وهذا يعني أن بعض أنواع الجزيئات تلتصق بشدة بسطح الفحم النباتي وعادة يزداد التصاقها كلما كبر حجمها . ويسمى أحياناً مسحوق الفحم النباتي « الفحم النباتي المنشط » .

ويستخدم الفحم النباتي المنشط في إزالة الألوان . وفي عملية تكرير السكر مثلاً ، لا تزال الشوائب البنية اللون إلا في المرحلة الأخيرة فقط . ( ويمكنك شراء درجات مختلفة من السكر الأحمر الذي يترك فيه عن عمد بعض الشوائب لا كما به نكهة خاصة ) .

وجزيئات الشوائب البنية أكبر من جزيئات السكر . فمعد إضافة الفحم النباتي المنشط إلى العصير المحتوي على السكر ، تلتصق الشوائب بسطح أجزاء الفحم الميكروسكوبية في حين لا يلتصق السكر بها ويبقى أبيض تقياً بعد إزالة الفحم النباتي ، وبعد تبخير العصير . وهكذا نحصل على مادة بيضاء في النهاية بعد إضافة المسحوق الأسود إلى العصير البني .

ويستخدم الفحم النباتي المنشط في الأئمة الواقية . فيسحب الهواء خلال



المرشح المحتوى على الفحم النباتى قبل أن يصل إلى الأنف والرئة . فيمر الأوكسجين والنيتروجين بسهولة . أما الغازات السامة ذات الجزيئات الكبيرة نوعاً فتتخلف ملتصقة بجزيئات الكربون النباتى الصغيرة .

ويسمى مسحوق الكربون « بالسناج » . ونظراً لشدته سواده يستخدم فى صناعة الحبر الصينى ، وحبر الطباعة ، وورق الكربون . كذا يضاف للمطاط لتقويته . وهذا يفسر لون عجلات السيارة الأسود .

### أضداد ولكنها توأم :

تنظم ذرات الكربون فى الفحم النباتى كما يحلو لها تبعاً لوجودها فى الخشب الأصل . وتسمى الأجسام الصلبة التى توجد الذرات فيها بشكل غير منتظم « غير متبلورة » - أما الأجسام التى تنظم فيها الذرات فى خطوط منتظمة وعواميد فتسمى « متبلرة » .

وبعتبر « الجرافيت » نوعاً متبلراً من الكربون . وتوجد رواسب الجرافيت فى الأرض . وكذا يمكن عمل الجرافيت من الكربون ، وذلك بتسخين الفحم بواسطة إمرار تيارات كهربائية فيه تحت ظروف خاصة . وعندئذ تنظم ذرات الكربون يطة فى شكل منتظم .

والجرافيت ، مثل الكربون ، أسود اللون ويحترق بتسخينه عند درجة ٧٠٠ مئوية ، ولكنه يصبح خاملاً فى الدرجات الأقل . ولذا يستخدم فى طلاء المواقع دون أى خوف من احتراقه .

وتوجد الذرات فى الجرافيت على شكل طبقات منتظمة ، وتيل هذه الطبقات إلى الانفصال عن بعضها على شكل صفائح رقيقة . وتنزلق هذه الصفائح بسهولة على بعضها وهذا ما يعطى لمصحوق الجرافيت ملمساً دهنياً ، ويستخدم فى « التشحيم » .

وإذا وضع مسحوق الجرافيت بين جسمين من الصلب يمكن أن يعضهما فإنه يمنع الاحتكاك لأنه سيلف كلاً من سطحي الاحتكاك ، ويجعلهما سهل الانزلاق .

ونظراً لأن صفائح الكربون تنفصل بسهولة ، فإنها تترك أثرًا على الورق إذا مرت عليه — وكلمة « جرافيت » مشتقة من كلمة يونانية تعني « يكتب » .  
وتتكون الأنار المتبقية بالطبع من صفائح رقيقة من الجرافيت . ويتكون « الرصاص » الموجود في القلم الرصاص من جرافيت مخلوط بالطفل . ويعمل الطفل على تقوية الجرافيت وتقليل انكساره .

ومع أن ذرات الكربون موضوعة بشكل منتظم في الجرافيت ، إلا أنها ليست متقاربة بما فيه الكفاية . فكثيراً ما تتعرض كتل الكربون الموجودة في أغوار بعيدة من الأرض ، لحرارة وضغط مرتفعين جداً . عندئذ تقرب ذرات الكربون من بعضها تحت تلك الظروف .

وهكذا يتكون نوع آخر من الكربون المتبل . ومع أن هذا النوع المتبل الجديد هو كربون نقي مثل الجرافيت ، إلا أنه يختلف عنه تماماً في المظهر . فبينما الجرافيت أسود اللون وعلى شكل صفائح رقيقة ، فإن هذا النوع الجديد عديم اللون وشفاف . والجرافيت ناعم الملمس ويستخدم في التشحيم . وهذا النوع الجديد من أصلب المواد المعروفة . وإذا سحق ووضع بين الأجزاء المتحركة من الآلة فإنه يحطم كل شيء يلمسه . ويوصل الجرافيت الكهرباء ولذا تستخدم قضبان الجرافيت في صناعة البطاريات الجافة (مثل البطاريات الضوئية) ، أما النوع الجديد فلا يوصل الكهرباء . والجرافيت كثير الانتشار ويستخدم في صناعة أقلام الرصاص . والنوع الجديد نادر ويستخدم في صناعة الحلي .

والنوع الجديد الذي أتحدث عنه هو « الماس » .

نعم فالماس هو نوع من الكربون ، مثله في هذا مثل الجرافيت والنفثم العادى .  
ويكمن الفرق الوحيد في الطريقة التي تنتظم بها الذرات . ولو سخن الماس إلى  
درجات الحرارة العالية فإنه يحترق تماماً كما يفعل الكربون . وطبعاً لن يفكر  
إلا القليلون في هذه التجربة .

والماس والجرافيت أنواع متآصلة للكربون مثل الأوزون والأكسجين .

وقد سبق أن ذكرت في الفصل الرابع أن ضوء الشمس يتحلل بمروره في  
منشور زجاجى إلى ألوان مثل قوس قزح . ويحدث هذا لأنه يكسر أو يثنى  
الأشعة الضوئية التي تسقط عليه بزاوية ما . وهو يكسر الضوء المحتوى على عدة  
ألوان بدرجات متفاوتة ، ونخرج الألوان المختلفة المكونة لضوء الشمس من  
المنشور في أما كن مختلفة من السطح الآخر من المنشور وتكون قوس قزح .

وتفعل كل المواد الشفافة نفس الشيء بدرجات متفاوتة ، حتى نقط الماء  
المعلقة في الهواء تفعل نفس الشيء ، وهذا يفسر ظهور قوس قزح عند ظهور  
الشمس بعد الأمطار .

وكما زادت مقدرة الجسم على انكسار الضوء ، زادت ألوان قوس قزح .  
ويكسر الماس الضوء بشكل كبير بل أكثر مما يفعل الزجاج أو الماء ، وهذا  
يعنى أنه إذا شطر الماس بطريقة صحيحة ، تألفت منه ألوان عديدة عند تحريكه  
في الضوء ، ألوان خاطفة من الأحمر الزاهى إلى الأزرق والأخضر ، وألوان أخرى  
تعطى للماس مظهر أجينلا .

أما قلغ الزجاج الشبيهة بالماس فينقصها هذا البريق ، ويطلق اسم «الطبخ»<sup>(١)</sup>

على عجينة الزجاج المستعملة لتقليد الماس . وقد تضاف شرائح معدنية في قاع الطبخ لزيادة لمعانه وتسمى « أحجار الراين<sup>(١)</sup> » .

وتعتبر جنوب أفريقيا أهم مصدر لكل ماس العالم ، فهي تنتج ٩٦ ٪ منه . وتنتج أغنى مناجم الماس أوقية واحدة من كل ٦٠ طن من الصخور . وقد حاولت معامل شركة جنرال إلكتريك سنة ١٩٥٥ إنتاج قطع صغيرة من « الماس الصناعي » ، وذلك بتنظيم الظروف الضرورية من الضغط والحرارة : وهي تشبه تماماً للماس الطبيعي الموجود في الأرض من الناحية الكيميائية . وإتانا لتنتج إذا نطلق عليها اسم « ماس صناعي » إذ أنها في الواقع ماس حقيقي .

والماس أهمية في الصناعة ، فنظراً لأنه من أصلب المواد المعروفة ، يستخدم في المثاقب والآلات التي تعمل على تصميم وتشكيل وقطع وصقل المعادن الصلبة . وإذا سحق الماس وألصق بجملة تدور بسرعة وقربت مادة ما منها ، فإنها تتآكل بواسطة جزيئات الماس الصلبة . ويمكن تشكيل وتلميع الماس بنفس الطريقة . (والواقع أن هذه هي الطريقة الوحيدة لتشكيل وتلميع الماس )

ومن المؤكد أنه لا يستخدم أحسن وأبقى أنواع الماس في الصناعة نظراً لارتفاع ثمنه . ومع ذلك فمن بين عشرين ماسة نجد واحدة فقط تصلح لصناعة الحلى . أما الماس المستخدم في الصناعة فهو الغير تقى والذي لم تتم فيه عملية التحول من جرافيت إلى ماس ، وبذا يبقى لونه أسود لاحتوائه على ٢ — ٤ ٪ جرافيت ، ويسمى كاربوراند<sup>(٢)</sup> أو بورت<sup>(٣)</sup> . ومع أن قيمته أقل مما يستعمل في الحلى إلا أن له نفس صلابة الماس — وهذا ما تحتاج إليه الصناعة .

---

Rhine stones (١)

Carborundum (٢)

Bort (٣)

## ملايين المركبات .

عندما يتحلل الخشب تحت الماء نجد أن بعض الكربون لا يتخلف بل يتسرب على شكل مركب مع الإيدروجين ، فتتحد ذرة الإيدروجين بأربع ذرات من الكربون لتكوين جزيئات تعرف كيميائياً باسم « ميثان » ، وهو غاز في درجة الحرارة العادية . ونظراً لظهوره فوق المستنقعات ( المياه التي تحتوى عادة على خشب متحلل ) فقد أطلق عليه اسم « غاز المستنقع » .

ولا يتسرب بعض غاز الميثان بل يحتفظ به الفحم بمجرد تكوينه . وأثناء استخراج الفحم من المناجم يتصاعد الميثان في جو المنجم أثناء تكسير الفحم . وهذا له خطورته ، فمع أن غاز الميثان غير سام إلا أنه خافق ، وهو يتفجر أيضاً في الهواء مثل الإيدروجين ، ويسميه عمال المناجم « النار الرطبة » (١) .

وتختلف ذرة الكربون عن كل الترات الأخرى في نوع الجزيء الذي تكونه . فتتحد معظم الترات لتكوين جزيئات صغيرة لا يزيد عدد ذراتها عن الإثنتى عشرة تقريباً . أما ذرات الكربون فهي تتحد لتكوين سلاسل طويلة أو حلقات أو الإثنين معاً . فقد تتكون الجزيئات المحتوية على الكربون من مئات وآلاف وحتى ملايين من الترات . والكربون هو العنصر الوحيد الذي يكون جزيئات كبيرة ومعقدة بدرجة تجعل الحياة ممكنة . ولهذا يسمى بحق « عنصر الحياة » .

ويتخلف أحياناً كل من الكربون والإيدروجين عند تحلل الخشب ، وتتحدان على شكل مركبات عديدة تتكون من سلاسل وحلقات من الكربون المضاف

إليه الإيدروجين . وتسمى هذه المركبات المكونة من الكربون والإيدروجين « بالأيديروكربونات » .

والبترول هو أحد المواد الموجودة في الطبيعة والذي يتكون أساساً من إيدروكربونات . ولم يتأكد العلماء بعد عما إذا كان كل ناتج العالم من البترول مصدره تحلل الخشب ، كما هو الحال بالنسبة للقصم . ويحترق البترول مثل القصم ، ونظراً لأنه سائل فهو أسهل احتراقاً . ويمكن فصل المركبات الإيدروكربونية المختلفة الموجودة في البترول بواسطة التقطير الجزئي ( كفصل الأكسيجين والنتروجين من الهواء السائل ) . وتقل الإيدروكربونات ذات الجزيئات الصغيرة في درجات حرارة منخفضة . أما الإيدروكربونات ذات الجزيئات الكبيرة فتقل في درجات حرارة كبيرة .

وتكون الجزيئات الصغيرة البنزين أو الجازولين <sup>(١)</sup> الذي يحرق داخل آلات السيارات والقوارب البخارية والطائرات . وتكون الجزيئات الأقل « الإثير البترولي <sup>(٢)</sup> » الذي يستعمل كمنظف جاف . أما الجزيئات الأكبر فتكون الكيروسين وزيت الوقود وزيت التشحيم والبترول الهلامي ( الفازلين ) الخ . وقد أصبح البترول في نصف القرن الماضي ذا أهمية كبرى نظراً لتطور السيارات والطائرات . وقد حل البترول محل القصم في العديد من الاستعمالات ( ولكن ليس كلها ) .

وقد علمنا أن الميثان هو أبسط الإيدروكربونات كلها ، ويوجد أيضاً في البترول كما يوجد في المستنقعات ومناجم القصم . وتبلغ نسبة الميثان في الغاز الطبيعي الذي يتكون في آبار البترول ٩٠ ٪ ، وهو يمر في أنابيب إلى المنازل لاستعماله في التدفئة والطهو .

---

Gasoline (١)

Petroleum ether (٢)

وتسمى كل الإيدروكربونات بالإضافة إلى المركبات الأخرى التي تحتوي على الأكسجين والنيتروجين وذرات أخرى بالإضافة إلى الكربون ، « مركبات عضوية »<sup>(١)</sup> . وقد سميت بهذا الاسم لأنه كان هناك اعتقاد في وقت ما أن مثل هذه المركبات لا تنتج إلا عن طريق الأجسام الحية . وقد أمكن سنة ١٨٢٨ عمل مركب عضوي في المعامل من مواد معدنية، ومنذ ذلك الوقت نجح الكيمايون في عمل مئات الآلاف من هذه المركبات من الهواء والفحم والماء .

وهناك العديد من المركبات العضوية ( المحتوية على الكربون ) المعروفة أكثر من غيرها ( والتي لا تحتوي على ذرات كربون ) . فالسكر مركب عضوي ، وكذا النشا ، والخبث ، وزيت الزيتون ، والحرير ، والقطن ، والنايلون ، والسليوليد ، والسواقل ، والورق ، والمطاط ، والبنسلين ، وملايين الأشياء الأخرى . هي مركبات عضوية أو خليط من المركبات العضوية . فكل المواد الحية مصنوعة من مركبات عضوية . ولا نهاية لعددها .

وأهم مصدرين للمركبات العضوية هما البترول والفحم البتيوميني ( المقطر ) ، والذي يحتوي على ٨٨ ٪ كربون .

وإذا سخن الفحم البتيوميني بمزل عن الهواء تصاعدت الذرات الأخرى غير الكربون على شكل مركبات تحتوي أيضاً على بعض الكربون . ويتصاعد عند تسخين طن من الفحم البتيوميني ، بهذه الطريقة ١٠ و ٠٠٠ قدم مكعب من غاز الفحم<sup>(٢)</sup> . وهو يتكون أساساً من إيدروجين وميثان . ويستخدم غاز الفحم ، مثل الغاز الطبيعي ، في التدفئة والطهو .

وينتج نفس الطن السابق من الفحم عشرة جالونات من مادة تشبه الزيت

---

Organic (١)

Coal gas (٢)

وتسمى « قطران الفحم » (وسميت هذه المادة « بتيومين » من قديم الأزل ، ولهذا اشتق منها اسم الفحم البتيوميني ) : وقطران الفحم هو مخلوط من مركبات عضوية كثيرة . وقد تمكن العلماء من استخلاص كثير من الصبغات الجميلة والأدوية المفيدة وغيرها منه . وينفصل عن طن من الفحم ٢٥ رطلاً من بعض مركبات النيتروجين وتعرف « بكبريتات الأمونيوم » ولها فوائد جمة .

ويتبقى بعد فصل كل المواد السابقة ثلاثة أرباع الطن من الفحم النقي تقريباً . ويسمى هذا النوع من الفحم المستخلص من الفحم البتيوميني « بالكوك » .

ويمكن إخضاع الفحم لعملية عكسية ، أى إضافة إيدروجين له بدلاً من فقدته . عندئذ يتحول الفحم إلى الجازولين المرقع الثمن وإلى مركبات بترولية أخرى . وتشبه هذه العملية مدرجة الدهون ( السابق شرحها في الفصل الثاني ) .

#### الهواء الذى تنفسمه :

عندما ما يحترق الكربون في كمية وافرة من الهواء ، تتحد ذرات الكربون بالأكسيجين مكونة غاز « ثاني أكسيد الكربون » . ويحتوى جزئى ثاني أكسيد الكربون على ثلاث ذرات : ذرة كربون وذرتى أكسيجين . وهذا يحدث عند إحراق كل أنواع الكربون ، سواء كان الفحم أو الكوك أو الفحم النباتي أو الجرافيت أو الماس .

وحتى إذا كان الكربون جزءاً من جزئى . يحتوى على ذرات أخرى غير الكربون ، فهو يحترق مكوناً ثاني أكسيد الكربون . فعندما يحترق الجازولين ( الذى تحتوى جزيئاته على كربون وإيدروجين ) يتكون كل من ثاني أكسيد الكربون والماء . وتحترق ببطء المواد العضوية اللينة بالكربون في أجسامنا (والتي نحصل عليها من الطعام الذى نأكله) . ويتكون ثاني أكسيد الكربون في أجسامنا نتيجة لهذا الاحتراق .



وتنفسنا دليل على هذا . فيحتوى الهواء النقي الذى تنفسه على كمية ضئيلة من ثانى أكسيد الكربون تبلغ بالدقة جزءاً من ثلاثين من واحد بالمائة. ويختلف هواء الزفير عن ذلك إذ يحتفى جزء من الأكسجين ويحل محله ثانى أكسيد الكربون الذى تبلغ نسبته  $4\% / 10$  . (ويتكون ثانى أكسيد الكربون كذلك فى البراكين).

وقد تتعجب لماذا لا يمتلىء الجو بثانى أكسيد الكربون ويتناقص الأكسجين منه . من حسن حظنا أن النبات يستعمل ثانى أكسيد الكربون لتكوين مركبات عضوية ، وفى هذه العملية يتكون الأكسجين . فتستخدم الحيوانات الأكسجين وتنتج ثانى أكسيد الكربون ، فى حين تستخدم النباتات ثانى أكسيد الكربون وتخرج الأكسجين ، وهكذا نحصل على التوازن المطلوب.

وثانى أكسيد الكربون خائى وسام لدرجة ما . ويمكن تنفس الهواء الذى يحتوى على أقل من  $5\% / 10$  من ثانى أكسيد الكربون بكل طمأنينة . أما إذا زادت النسبة فهى تسبب بعض المتاعب . وإذا زادت النسبة عن  $30\% / 10$  أصبح الهواء مميتاً فى أقصر وقت .

ويتجمد ثانى أكسيد الكربون عند درجة  $79^{\circ}$  تحت الصفر المئوى ويتحول إلى جسم أبيض صلب دون أن يمر فى حالة السيولة . والعكس صحيح : فإذا ترك هذا الجسم الأبيض الصلب فى درجة حرارة الغرفة يتحول إلى غاز دون أن يتحول إلى سائل أولاً . ويوجد ثانى أكسيد الكربون السائل فقط تحت ضغط أعلى من الضغوط العادية . ويقال عن الجسم الصلب الذى يتحول مباشرة إلى غاز دون أن يمر فى حالة السيولة إنه « يتسامى » <sup>(١)</sup>

ويسمى ثانى أكسيد الكربون الصلب « بالثلج الجاف » (هذه التسمية هى دارجة مسجلة) . وترجع هذه التسمية لاستعماله فى التبريد ، وهو لا يتحول إلى

مسائل كما هو الحال بالنسبة للتلج المادى . ويمكننا رؤية التلج الجاف وهو يتساقط عند وضع قطعة منه فى الماء ، فهو يبدو كأنه يذوب ويقل بشدة بينما يتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون منه . ( ويجب استهلاك التلج الجاف بحذر لأنه أبرد كثيرأ من التلج المادى ) .

ويذوب ثانى أكسيد الكربون فى الماء بدرجة معقولة . ولكن يزداد ذوبانه بزيادة الضغط . وقرعة زجاجة الصودا محتوية على ثانى أكسيد الكربون الذائب تحت ضغط ، لأنها بتقليل الضغط عليه ينزع الغطاء ، ويتصاعد ثانى أكسيد الكربون على شكل فقاعات صغيرة . وكذا تتكون فقاعات البيرة والشبانيا من ثانى أكسيد الكربون . وهو الذى يعطى الصودا الطعم اللاذع الجميل .

ويمكن الحصول على ثانى أكسيد الكربون بتفاعل الأحماض مع بعض المواد الكيماوية المعروفة باسم « كربونات » . ومحتوية بعض أجهزة إطفاء الحريق على محلول الكربونات وزجاجة بها حامض قوى . فإذا قلب الجهاز اختلط الحامض بمحلول الكربونات ، ويتصاعد تيار من غاز ثانى أكسيد الكربون والماء فى النتيجة المخصصة لذلك : ونظراً لأن ثانى أكسيد الكربون أثقل من الهواء بحمرة ونصف ، فهو لا يتصاعد ولا يطفو إلى أعلى ، بل يهبط على المادة المحترقة وللصوب إليها ، وبهذه الطريقة يمنع الهواء عن النار ، وبما أنه لا يساعد على الاشتعال فمرعان ما تضبو النيران .

ويحتوية الليكنج بودر ( مسحوق الخبز ) على كربونات وحامض فى حالة صلبة ، ولا يتفاعل الحامض مع الكربونات طالما أنه جاف وصلب . ولكن إذا أضيف هذا المسحوق إلى محلول الزبد المخفوق أو عجينة البسكوت ، ينوب الحامض فى المسائل ويتفاعل مع الكربونات ، ويتصاعد ثانى أكسيد الكربون يبطه . وبقسحين العجين تتصاعد فقاعات كثيرة تعمل على رفعه . ويمكنك أن ترى — بعد إعطام

الخبيز — أن الفطيرة تحتوى على ملايين الفقاع الصغيرة . ويرجع إليها الفضل في جعل الفطائر والبسكوت المضاف إليه البيكنج بودر خفيفاً هشاً .

وتتفاعل الخبيرة ( وهى نوع من الحياة النباتية الميكروسكوبية ) مع النشا الموجود في الدقيق وتنتج ثانى أكسيد الكربون . وتستخدم الخبيرة في عمل الخبز ، ويمكن رؤية فقاع ثانى أكسيد الكربون في أى قطعة من الخبز .

### تسرب الناز وعدم السيارات :

وعندما يحترق الكربون في حيز محدود من الهواء فإنه لن يجد الأكسجين الكافى لإمداد كل ذرة كربون بنترى أكسجين . وعندئذ تتحد كل ذرة كربون بنتره أكسجين، وبذا تتكون جزئيات « أول أكسيد الكربون » ، وهو غاز مثل ثانى أكسيد الكربون . ويختلف المركبان عن بعضهما في النقطتين الآتيتين :

أولاً : يتقبل أول أكسيد الكربون ذرة الأكسجين بسهولة لتضاف إلى جزيئته . أو بمعنى آخر ، إنه يتحد بالأكسجين ويشتمل . أما جزيء ثانى أكسيد الكربون فشعب بالأكسجين ، ولذا فهو لا يشتمل ويستعمل في إعطاء الحرائق كما سبق أن ذكرت .

ثانياً : أول أكسيد الكربون سام ، بل أشد خطورة من ثانى أكسيد الكربون . ويقضى الهواء المحتوى على ثمن الواحد بالمائة من أول أكسيد الكربون ، على الإنسان في نصف ساعة . ويصيب الهواء ( المحتوى على جزء من ألف من واحد بالمائة من أول أكسيد الكربون ) الإنسان بالصداع .

ويرجع التسمم بأول أكسيد الكربون إلى أنه يتحد بقوة بالهيموجلوبين ، وهى المادة الحمراء في الدم . ويعمل الهيموجلوبين على حمل الأكسجين من الرئة

لمى كل أنسجة الجسم . فإذا دخل أول أكسيد الكربون إلى الرئة حملته الهيموجلوبين واتحد به . وبذا لا يمكنه حمل الأكسجين ، مما يسبب الاختناق . ولا تتأثر النباتات أو البكتريا ولا الحيوانات التي لا يوجد فيها دم أحمر بأول أكسيد الكربون .

وتظهر خطورة أول أكسيد الكربون بشكل خامد لزيادته في مدتنا الصناعية . مثال ذلك ، لا يجد الجازولين كل الأكسجين اللازم لإحراقه في آلات السيارات ، ولذا يتكون أول أكسيد الكربون الذي يخرج من ماسورة العادم . ولا يحدث منه ضرر يذكر في الهواء الطلق . فأول أكسيد الكربون ينتشر وتتحد جزيئاته بأكسجين الجو مكونة ثاني أكسيد الكربون الغير مضر نسبياً . أما إذا أديرت الآلة في جراج مغلق ، أو وجد ثقب في ماسورة العادم ، بحيث ينفذ الغاز إلى هيكل السيارة ، وكانت نوافذها مغلقة ، عندئذ يراكم أول أكسيد الكربون بأسرع من تفاعله مع الأكسجين ، ويكون الموت هو النتيجة الحتمية .

وتعتبر المطابخ مصدراً آخر للخطر . فكثيراً ما يستخدم أول أكسيد الكربون في غاز الطهو ، نظراً لقابليته للاشتعال . ويحتوي غاز الفحم مثلاً ، على أول أكسيد الكربون ، ولذلك فهو سام . وهناك أيضاً « غاز الماء » الذي يتكون بإمرار بخار الماء على فحم الكوك الساخن لدرجة الاحمرار فتتحد ذرات كربون فحم الكوك بأكسجين الماء تاركة ذرات الإيدروجين ، وتتحول ذرات الكربون نفسها إلى أول أكسيد الكربون . وهكذا يتكون خليط من أول أكسيد الكربون والإيدروجين . وبإضافة قليل من غاز الميثان ، يتكون غاز الطهو الجيد ( ولكنه سام ) . وتضاف إليه مادة بعض المركبات ذات الرائحة النفاذة لتلفت إليه الأنظار إذا ما بدأ يتسرب من الثقوب فتعجل بإصلاحها .

( ويجب ألا تبحث أبداً عن الثقب بواسطة قناب ، بل افتح النوافذ أولاً ثم اطلب شركة الغاز لتتولى هي الكشف عليه ) .

وإذا مر تيار من الهواء على فحم كوك ساخن لدرجة الاحمرار تكون أول أكسيد الكربون الذى يستنفد الأكسجين ، ويتبقى النيتروجين . أما مخلوط أول أكسيد الكربون والنيتروجين ( ويسمى الغاز المنتج ) فهو وقود غير جيد ولكنه رخيص ، وقد يصبح ذا فائدة إذا ما استخدم فى التو واللحظة .

الفصل السادس  
السيكون  
عنصر التجربة

السيليكون يحل محل الكربون :

يعتبر السيليكون ، العنصر رقم ١٤ ، ثاني العناصر انتشاراً في الضخور التي تكون القشرة الأرضية . فوجد بين مائة ذرة في القشرة الأرضية ستين منها أكسجين (وهو أكثر العناصر انتشاراً بالطبع) وعشرين منها سيليكون .

ولا يوجد السيلكون في الطبيعة على شكل بدائي منفرد . ولهذا السبب لم ير السيلكون النقي سوى عند قليل من العلماء، رغم أن ذراته من النوع العادي .

ويمكن تحضيره على أشكال متصلة متعددة، وأول من حضره هو العالم الكيميائي السويدي «جون جا كوب برزيلوس» سنة ١٨٢٣ . ولكنه قليل الفائدة كعنصر قائم بذاته .

وقد يظهر مستقبلاً خطأ هذه الفكرة . فقد صنعت حديثاً البطاريات الشمسية ،<sup>(١)</sup> وهي تنتج تياراً كهربائياً بتعرضها لضوء الشمس . وما زالت هذه البطاريات حتى الآن مجرد استطلاعات عملية ، ولكن قد يأتي اليوم الذي تتحول فيه إلى مصادر هامة للطاقة تعود بالنفع على البشرية . وزود البطاريات الشمسية بشرائح من السيليكون كأهم جزء فيه .

وهناك العديد من المركبات التي تحتوي على السيليكون ، معظمها معروف وتعودنا على استعماله والكثير منها مفيد جداً وبعضها جميل جداً .

ويوجد السيليكون تحت الكربون مباشرة في الجدول الدوري . وله الكثير من الصفات التي تتشابه مع الكربون . فترتيب ذرات السيليكون في قطعة متباعدة هو نفس ترتيب ذرات الكربون في قطعة متباعدة منه . وعلى ذلك فالسيليكون شديد الصلابة مثل الفحم ، ولكن بما أن ذرات السيليكون أكبر من ذرات الكربون فإنها لا تنزاحم كما تفعل ذرات الكربون ، لذا يسهل فصلها عن بعضها . وعلى ذلك فالسيليكون ليس له نفس صلابة الكربون وليس له درجة انصهاره المرتفعة فهو ينصهر عند درجة ١٤٢٠ مئوية ، ( أما الكربون فينصهر عند ٣٥٠٠ درجة مئوية ) .

ونظراً للتشابه بين العنصرين تحمل ذرات السيليكون محل ذرات الكربون . فإذا سخن غم الكوك ( بشدة وهو كربون نقي ) والامل ( ويحتوي على ذرات سيليكون ) بواسطة تيار كهربائي في الظروف الملائمة ، فإن ذرات السيليكون في

الرمل محل محل نصف ذرات الكربون في الفحم . وتنتج لدينا في النهاية مادة نصف ذراتها من الكربون والنصف الآخر من السيليكون ، وتسمى هذه المادة « كريد السيليكون » وتعرف عامة باسم « الكربورا ندم <sup>(١)</sup> » .

والكربورا ندم أشد صلابة من السيليكون ، ولكنه ليس في صلابة الماس ( وهو من الكربون النقي ) ، ومع ذلك فهو من أشد المواد صلابة بعد الماس . وعلاوة على ذلك فهو أرخص من الماس . ويستخدم الكربورا ندم في الصناعة دائماً لطحن وتاميم المواد التي لا تحتاج لصلابة الماس الشديدة . وهو ينصهر عند درجة ٢٧٠٠ درجة مئوية ( بين درجة انصهار السيليكون والكربون ) . ويستخدم في تبطين الأفران المرتفعة الحرارة . ويتميز عن الكربون في أنه لا يحترق حتى ولا في درجات الحرارة المرتفعة .

ويحل السيليكون محل الكربون تحت ظروف أكثر غرابة ، فأحياناً لا تتحول بعض الأجسام الميتة إلى كربون بتحللها تحت الأرض ، وبدلاً من هذا محل ذرات السيليكون من الطين يبطء محل ذرات الكربون في ظروف خاصة . ويتكون على مر المنين بديل حجري للجسم الميت . ويحتفظ هذا البديل بالشكل الأصلي وحتى بكثير من التفاصيل بدون أى تغير ، بل يبقى مئات الملايين من المنين . وتسمى هذه البقايا حفريات متحجرة . ويرجع الفضل لهذه الحفريات المتحجرة في معرفة العلماء بما كانت عليه الحياة البدائية على الأرض ، وكيف تغيرت وتطورت بمرور الزمن .

وتسمى طريقة تكوين هذا النوع من الحفريات بالتحجير <sup>(٢)</sup> . وتوجد في صحراء الأريزونا بقايا كثير من الأشجار التي بقيت على هذا الشكل منذ قديم الأزمان ، وتسمى البقايا الحجرية بالنابة المتحجرة .

---

Carborandum (١)

Petrifaction (٢)



### سلسلة السيليكون :

تكون ذرات السيليكون سلاسل مثلما يفعل الكربون . وبما أن ارتباطها ببعضها أقل من ارتباط ذرات الكربون ببعضها ، فإن سلاسلها أضعف من مثيلاتها المكونة من الكربون ، ويسهل تحطيمها . ولكن السلاسل القصيرة هي التي تبقى لأى وقت من الزمن ، ولكن إذا وضعت ذرات السيليكون والأكسجين على التوالي ، يمكنها تكوين سلاسل طويلة مثل الكربون وربما أشد ارتباطاً ببعضها . ويمكن أن ترتبط مجموعات من ذرات الكربون والإيدروجين بذرات السيليكون في مثل هذه السلاسل ، وتسمى المواد الناتجة عندئذ بالسيليكونات .

ولم تستعمل السيليكونات إلا في العشر أو العشرين سنة الماضية . وهناك العديد من الأشكال التي تتوقف على طول السلسلة ونوع المجموعات المحتوية على الكربون ، والمرتبطة بها . وتستعمل بعض السيليكونات كشحم وورنيش . وترجع أهميتها في هذه الاستعمالات إلى أنها لا تتأثر بدرجة الحرارة أو البرودة التي تجعل الزيوت العادية أو الشحم عديمة الفائدة . وتستخدم في تغطية السطوح بطبقة رقيقة عازلة للماء وكوسائل مائية وفي المطاط الصناعي الخ .

ويوجد نوع من السيليكون المسجون تكون سلسلة السيليكون والأكسجين فيه طويلة جداً بحيث يبدو كسائل جامد ، بل كصلب لين كالمصنوع من الطين الذي تصنع منه التماثيل . فهو يقاوم أى محاولة سريعة لتغيير شكله ولكنه يتشكل ببطء . فإذا قذفت بقطعة منه على الأرض أو الجدار فإنها تنفطح أولاً بسرعة ، ولكنها سرعان ما تعود إلى شكلها الأصلي بعناد ، وتردد كما تفعل الكرة المطاطية . وعلى النقيض من هذا ، فإذا ضغطت عليها ببطء فإنها تتشكل كما تريد . ولو وضعت كتلة منها في إناء فإنها تفرش ببطء وتلاءم مع الإناء كما يفعل السائل تماماً .

والسيليكونات طاردة للماء ، فتستخدم أحياناً الأنسجة الورقية التي يدخل في صناعتها السيليكون في مسح عدسات النظارات . وهذا يترك طبقة رقيقة شفافة من السيليكون على الزجاج يلتصق به جيداً بحيث تبعد بخار الماء عن العدسات وخصوصاً إذا انتقلت من مكان بارد إلى حجرة دافئة . وتستخدم السيليكونات أيضاً ولنفس السبب في صناعة شمع السيارات .

### المواد الصلبة الشفافة :

تتحد معظم ذرات السيليكون التي نراها حولنا بالأوكسجين ، وتحتوى مثل هذه الجزيئات على ذرة من السيليكون وذرتين من الأوكسجين ، ويسمى هذا المركب ثانى أكسيد السيليكون أو « السيليكا » .

ولاحظ تشابه السيليكون مع الكربون في هذا الصدد أيضاً . (فقد تكلمت في الفصل السابق عن ثانى أكسيد الكربون وتتكون جزيئاته من ذرة كربون وذرتين من الأوكسجين) . ومع ذلك فهناك فرق مهم بين الكربون والسيليكون ، فثانى أكسيد الكربون غاز ، في حين أن ثانى أكسيد السيليكون صلب بل ويصعب صهره مثل السيليكون نفسه .

ويكون ثانى أكسيد السيليكون في حد ذاته ١٢٪ من وزن الصخور والتربة التي تقف عليها . وتتحد أيضاً ثانى أكسيد السيليكون للوجود في السيليكات مكوناً ٤٨٪ من الصخور والتربة ، وعلى ذلك فلا يقل ثانى أكسيد السيليكون عن ٦٠٪ من وزن القشرة الأرضية بشكل أو آخر .

وتوجد معظم العناصر المعروفة في الكائنات الحية ، وهى حيوية بالنسبة للحياة ، ومثال على ذلك الأوكسجين والهيدروجين والنيتروجين والكربون ، وقد سبق ذكرها . ويستثنى السيليكون من هذا ، فرغم أهميته القصوى فليس لدرجات

السيليكون أى فائدة للأنسجة الحية . ويبدو أن هذا يرجع إلى أن ثاني أكسيد السيليكون والسيليكات لا تذوب في الماء . ولا توجد عملياً أية مركبات للسيليكون في المحيطات ، وعلى ذلك فقد تطورت الحياة في المحيطات لا في الأرض .

و « الكوارتز » أو « بلور الصخر » هو أنقى أنواع أكسيد السيليكون الموجود في الطبيعة . وهو مادة صافية عديمة اللون شفافة مثل الزجاج ، بل إنه أكثر شفافية من الزجاج لأنه يمتص كمية قليلة من الضوء الذي يمر خلاله ، بل هو أكثر المواد المعروفة شفافية . فالزجاج ماهو إلا سيليكات ، ولذا فهي متقاربان .

ويتميز الكوارتز عن الزجاج في أنه لا يتأثر بالتغير في الحرارة مثله ، فتمدد معظم الأجسام بالحرارة وتنكش بالبرودة . فإذا صبينا ماء ساخناً في إناء زجاجى عادى ، نجد أن سطحه الداخلى يتمدد بالحرارة . أما السطح الخارجى فيبقى بارداً حتى تفصله الحرارة خلال سمك الزجاج ، وعندئذ ترتفع درجة حرارته كله . وحتى تم هذه العملية ، يحدث توتر في تركيب الزجاج . لأن جزءاً منه يتمدد ، وجزءاً لا يتمدد . وعلى ذلك فعالباً ما يحدث شرخ أو حتى يتناثر الإناء قطعاً صغيرة ، وهكذا يجد التوتر منفساً له . وقد يحدث نفس الشيء إذا ما وضع ماء بارد في إناء غسل بماء ساخن .

لنا تصنع الأواني من زجاج رقيق حتى تفصل الحرارة إلى كل أجزائه في وقت واحد تقريباً لنعم حلوث أى شرخ بها ، أو يستعمل نوع معين من الزجاج الذى لا يتمدد كثيراً أو يقلص بتغير درجة الحرارة .

والكوارتز هو من أحسن المواد المستخدمة لهذه الأغراض . فلن يبلغ تمدده أو تقلصه إلا  $\frac{1}{100}$  من الزجاج ، بل يمكن تسخين إناء من الكوارتز إلى درجة الاحمرار ثم غمره في ماء بارد دون أن يشرخ . ولو كان هذا الإناء من الزجاج العادى لتحطم إلى ملايين الأجزاء .

ومن المميزات الأخرى للكوارتز عن الزجاج أن الأشعة فوق بنفسجية تمر خلاله بينما لا تمر خلال الزجاج . لذا تصنع للمصابيح الشمسية التي تستخدم في المنازل لإضافه لون داكن على الجسم من الكوارتز لا من الزجاج .

ولا يحتمل أن يحل الكوارتز محل الزجاج فيما عدا بعض الاستعمالات الخاصة . فالزجاج رخيص ، بينما يبلغ ثمن الكوارتز أضعاف الزجاج ، ولا يرجع هذا إلى أن الكوارتز في حد ذاته مرتفع الثمن ، ولكن لأنه يمكن نفع وتشكيل الزجاج العادي بين درجتى ٩٠٠ و ٦٠٠ درجة مئوية (حسب النوع) ، بينما لا يلين الكوارتز إلا إذا وصل لدرجة ١٥٠٠ مئوية ، ولا بد عندئذ من يد ماهرة لتشكيله . فالكوارتز من الصعب تشكيله .

#### متنوعات :

يوجد ثمانى أكسيد السيليكون فى صور غير نقية ، أى مختلطة بكميات قليلة من مواد أخرى مختلفة . وعلى ذلك تتمدد الصور المختلفة لثمانى أكسيد السيليكون غير النقي تبعاً لاختلاف كميات وأنواع هذه المواد .

فهناك نوع من الحجر يسمى « فلنت » (١) ، وهو نوع شائع من ثمانى أكسيد السيليكون غير النقي ، وتكفى كمية الشوائب الموجودة فيه لكي تجعله يفقد شفافيته . ويتميز الفلنت بصلابته ، وإذا انعكس تصبغ حافته حادة جداً . وقد صنع الإنسان البدائى سكاكينه وأسلحته من الفلنت واستمر كذلك زمناً طويلاً . وتعرف هذه الفترة بالعصر الحجري . وقد اعتاد الإنسان فى الفترة التى تلتها والى سبقت اكتشاف الثقب ، أن يضرب قطعة من الصلب بقطعة من الفلنت

ليحصل على شرارة . فباحتكاك قطعة الصلب بالفلنت تتولد حرارة تصل لدرجة الاشتعال . ( وما زالت هذه الطريقة في الحصول على شرارة موجودة في ولاعات السجاير ) .

وهناك أنواع مختلفة جميلة من ثاني أكسيد السيليكون غير النقي . منها العقيق الأبيض (١) وهو نصف شفاف وأحياناً يشبه اللبن ، والعقيق (٢) ذو المروق المخططة ويسمى عقيق يمني (٣) إذا ماتوات خطوطه البيضاء والسوداء . أما إذا كانت خطوطه بيضاء وحمراء ( أو بنية ) فيسمى « جزع بقراني » (٤) .

وهناك أنواع أخرى من ثاني أكسيد السيليكون غير النقي وهي الترمزي أو البنفسجي ويسمى بالياقوت أو جفت ، والأحمر المائل إلى اللون البرتقالي ويسمى عقيق أحمر .

والأمثلة السابقة هي أنواع من المجوهرات . وتعرف بأنها بلورات زجاجية صلبة مستديرة تسر الناظرين ، ويمكن رشقها في قواعد معدنية كما هو الحال في الخواتم والمقود ، أو تحفر على أشكال مختلفة . وتقسم الجواهر تبعاً لندرتها وارتفاع ثمنها إلى قسمين : أحجار كريمة وأحجار نصف قيمة . فلباس من الأحجار الكريمة ، أما العقيق فيعتبر نصف قيم .

وغالباً ما يفتت الكوارتز والأشكال الأخرى من ثاني أكسيد السيليكون بالرياح والأمطار وتقلبات درجات الحرارة إلى حبيبات صغيرة . وهذه الحبيبات هي « الرمال » . وأتق أنواع الرمل لونه أبيض . أما النوع الذي نراه في العادة على الشواطئ . فله ظلال مختلفة بنية ترجع إلى الشوائب التي بداخله . وأحياناً تتلجم الرمال ببعضها بطريقة طبيعية لتكون « الحجر الرمي » . .

chalcedony (١)

agate (٢)

onyx (٣)

sardonyx (٤)

ويمكن تحضير ثاني أكسيد السيليكون من السيليكات على شكل قطع مسامية ، كل منها تشبه قرص شمع العسل ذا المرات الهوائية الدقيقة . ويسمى هذا النوع من ثاني أكسيد السيليكون « بالسيليكا الهلامية » .

وترجع أهمية السيليكا الهلامية إلى أنها تختص بخار الماء على سطح ممراتها الهوائية فلذا تستعمل كجفف . وإذا مر غاز مندى على إناء محتوي على هذا الجفف فإن الغاز يخرج جافاً . وكثيراً ما توقف بعض الآلات الكهربائية إذا كان الجو رطباً جداً ولذا توضع على مملوءة بالسيليكا الهلامية في أماكن إستراتيجية من الأجهزة . وينطبق هذا على المناطق ذات المناخ الاستوائي المملوء بالبخار . ولولا استخدام بعض المواد مثل السيليكا الهلامية في الحرب العالمية الثانية ، لتوقفت بعض أنواع الرادار والراديو عند استخدامها في جنوب المحيط الهادى . وإذا ما امتصت قطعة من السيليكا الهلامية كل ما يمكنها امتصاصه من الماء فإتاحتها نسخنها لطرده منها وعندئذ تصبح صالحة للاستعمال مرة ثانية .

وهناك مادة طبيعية شبيهة بالسيليكا الهلامية يرجع أصلها إلى هياكل عظمية دقيقة مضغوطة من ثاني أكسيد السيليكون . وتسمى هذه الكائنات الميكروسكوبية بالدياتوم ، وهى تحيط قسماً بطبقة وقائية من ثاني أكسيد السيليكون . وعندما تموت فهي تحلل بالطبع ولكن تبقى هياكلها بدون تغيير . وتراكم الملايين منها لتسكون ما يعرف « التراب الدياتومى » . وتستخدم في تنقية وامتصاص الشوائب الغير مرغوب فيها من السوائل ، مثل الفحم النباتى تماماً . ويمكن استخدامها أيضاً في صن وتعيم الأجسام الخفيفة . وكذا تستخدم في امتصاص النيتروجين وبسمى اتحادهما « بالدياميت » ، وهو أقل خطورة عند استعماله من النيتروجين منفرد .

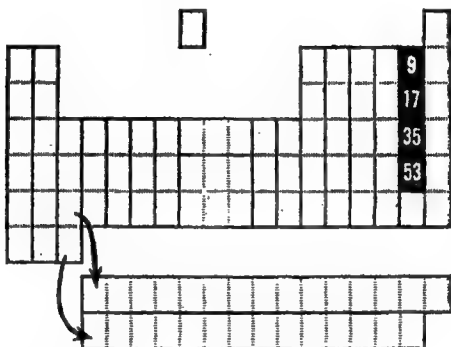
ويوجد التراب الدياتومى أحياناً على شكل « عين الهرة » وهى نوع من الجواهر . ويتحركها تظهر الأنواع الجميلة منها بريقاً ذا ألوان مختلفة .



الفضل السابع

الكلور

العنصر الأخضر



## حرب الكيمياء :

في ٢٢ أبريل سنة ١٩١٥، وإبان الحرب العالمية الأولى ، نقل الألمان عدة أسطوانات معدنية إلى الصفوف الألمانية ثم فتحوا صهارتها ، فتضاعد منها غاز أخضر سمه الهوا إلى الصفوف الفرنسية . وبعد ذلك بيومين أعادوا الكرة على القسم الذي كانت تحته القوات الكندية . وقد وجدت قوات الحلفاء نفسها ، في كلتا الحالتين ، محاصرة بأبخرة ذات رائحة سيئة خاتمة تثير السعال ولا يمكن تحملها ، فاضطرت إلى التقيؤ .



ولم يعرف للملألم ينتهز الألمان قرصة فتح ثمرات في الصفوف المتعاقبة لهم ، ولكن المؤكد أنهم لم يستفيدوا منها . ربما ألبهم انتصار هذه الطريقة الجديدة في النزو ، أو ربما خافوا أن يقيموا في كين . ومهما يكن السبب فقد فاتتهم هذه القرصة . وقد حاولوا ذلك بمدفئذ ، ولكن قوات الحلفاء سرعان ما صنعت أنواعاً بسيطة من الأقنعة الواقية من الغازات . ولم تحض بضعة أشهر حتى استخلم الحلفاء بدورهم الغاز في إغاراتهم .

أما الغاز السام الذي استعمله الألمان أولاً فهو « الكلور » ، والكلور هو المنصر رقم ١٧ . وهو غاز في درجات الحرارة العادية ويتكون جزيئه من ذرتين من الكلور .

وهو يختلف عن العناصر الغازية الأخرى كالأكسجين والإيدروجين والنيروجين في نواح هامة مختلفة . فهو أولاً ليس عديم اللون ، ويعمل لونه إلى الأصفر المخضر الباهت . والاسم مشتق من كلمة ( الأصفر المخضر ) اليونانية ، وقد أطلقته الكيمياء البريطانية سير « هنري دافى » سنة ١٨١٠ على الغاز عند اكتشافه لهذا المنصر . ولسكنه كان مرفوقاً قبل أن يكتشفه دافى بستة وثلاثين عاماً .

واعتقد الجميع أنه أكسيد ، وكانوا جادين في تحليله إلى أكسجين ومادة سموها « ماريم » ، ولكنهم فشلوا .

وتسهل إسالة الكلور عن العناصر الغازية الأخرى . ويتحول إلى سائل أصفر كهرمانى عند درجة ٣٤ تحت الصفر المئوى ، ويحفظ كسائل في أسطوانات ضغط .

والكلور غاز ثقيل ، بل أثقل من الهواء بمرتين ونصف . وهذه الخاصية تجعله صالحاً للاستخدام في الحروب . وقد تصلح لذلك أبخرة الأمونيا لأنها ذات

رائحة مقلقة للجنود ، ولكنها أخف من الهواء ، وعلى ذلك فهي تطير بسرعة ويمررها الهواء هباء وبسهولة . أما الكلور ، فنظراً لأنه ثقيل ، فيبقى على سطح الأرض ويتطاير ببطء .

وقد حلت بعض الغازات السامة الأخرى الثقيلة محل الكلور . ومنها غاز الفوسجين . ويتكون جزئى الفوسجين من ذرة من الكربون وذرة من الأكسجين وذرتين من الكلور . وهو غاز شديد الخطورة ، له رائحة عطرة ( وإتى أشهد على ذلك ، فقد شممت مرة كمية صغيرة منه ) . وماله الرئتين منه كغيل بالقضاء على الإنسان . وتحتوى كثير من الغازات السامة التى اكتشفت بعد ذلك على ذرات الكلور .

ومع ذلك فغاز الكلور ، كما سنرى ، له كثير من القوائد التى تفوق مضاره .

### الكلور أكثر نشاطاً من الأكسجين :

الكلور عنصر نشيط ، بل هو أكثر نشاطاً من الأكسجين . ولا يصل لمرتبة الأوزون ، ويتفاعل بسرعة مع كثير من المواد .

فهو يساعد على الاحتراق فى بعض الأحيان . فإذا أدخل تيار من الإيدروجين المشتعل فى إناء به كلور استمر فى الاشتعال . ولا يتأثر بخلوطة الكلور والإيدروجين فى درجة الحرارة العادية إذا كان فى مكان مظلم . أما إذا تعرض للضوء فميتفجر . ومن الواضح أن الأشعة الضوئية تعمل على بدء تفاعل جزيئات الكلور والإيدروجين . ويسهل الضوء وكذلك الأشعة فوق البنفسجية على دفع كثير من التفاعلات الكيميائية ، وتسمى « بالتفاعلات الضوء كيميائية » .

ولكن الكربون لا يشتعل فى الكلور . وإذا أدخلت شحنة مفتحة فى خبار به كلور تصاعد دخان أسود كثيف ، لأن جزيئات الشحنة تحتوى على ذرات

كربون وإيدروجين ، ولكن الإيدروجين فقط هو الذى يتحد بالكور . وتبقى ذرات الكربون دون أن تمس وتتصاعد على شكل هباب دقيق .

وترجع جزئياً خاصة التسمم بواسطة الكلور إلى نشاطه . فيؤثر الكلور على أغشية العين والأنف والحنجرة والرئتين ويصيبها بالضرر . كذلك يهاجم الكلور البكتريا ويقتلها ، وبذا يمكن الاستفادة من طبيعته السامة . وتبقى مياه الغرب في المدن ، بإضافة كمية قليلة من الكلور إليها . وما أن توحط المدن على إضافة الكلور إلى مياهها حتى قلت كثير من الأمراض مثل الحمى التيفودية التى كانت تنشرها المياه الملوثة . وتحفظ مياه أحواض السباحة وكذا المجارى بعيدة عن المدوى بإضافة الكلور إليها .

والكلورينوب في الماء ، فيذيب لتر من الماء البارد ٤ لترات من الغاز ، ويسمى الناتج « ماء الكلور » ، فتتحد جزيئات الكلور مع جزيئات الماء لدرجة ما (وكذا مع أى جزيئات أخرى موجودة معها) لتتكون الهيبوكلوريت . وهى مواد لفيطة قادرة على إزالة الألوان بنفس الطريقة التى يعمل بها الأوزون وفوق أكسيد الإيدروجين . ( وإذا أردت أن تتعرف على رائحة الكلور ، فاعليك إلا أن تشم مسحوق إزالة الألوان الموجود بالمنزل والمسمى كلوروكس . لأن الهيبوكلوريت يتحلل ببطء ويتكون غاز الكلور ، وهو ماتشمه ) .

ويستعمل الكلور والهيبوكلوريت من أهم المواد المستخدمة لإزالة الألوان في الصناعة . فهى مواد رخيصة في متناول اليد . وتستخدم بكميات كبيرة لتبييض عصية الورق وبعض الأنسجة النباتية مثل القطن والتيل .

### تكوين الأملاح :

عندما يحترق الإيدروجين في الكلور ، تتكون جزيئات تتحوى على ذرة إيدروجين وذرة كلور ، وتسمى المادة الجديدة « كلوريد الإيدروجين » .

وهو غاز ذو رائحة تحدث النهاباً أكثر من الكلور: وهو شديد التوابع في الماء، فيذيب لتر الماء البارد حوالي ٢٥٠٠٠ بوصة مكعبة من الغاز.

ومحلول كلوريد الإندروجين لم طعم حامض حاد، ويتفاعل بطريقة يعتبرها الكيميائيون مميزة للأحماض. لذا يسمى «حامض الإندروكلوريك». وهو حامض قوى بل يعتبر أحد ثلاثة من أهم الأحماض وأقواها. وترجع أهميتها في الصناعة لقوة مفعولها ورخص ثمنها (والحامض الثاني هو حامض النيتريك الذي أشرت إليه في الفصل الثالث. أما الحامض الثالث وهو أهمها فساشرحه في الفصل القادم).

وحامض الإندروكلوريك هو أحسن مثل على الأحماض التي لا تحتوى جزيئاتها على ذرات الأكسجين، على عكس ما اعتقده لافوازييه (كما رأينا سابقاً)، ولكنها تحتوى بالطبع على إندروجين مثل كل الأحماض الأخرى.

وكلوريد الإندروجين هو مثال لمجموعة كلمة من المركبات التي تتكون من اتحاد ذرات الكلور بسبع واحد آخر من الذرات. وتسمى «الكلوريدات». وأهمها وأشهرها هو «ملح الطعام» المادى.

والكلور الذى على شكل كلوريدات أسامى في تركيب السمكيات الحية. فكل من الدم والعرق والدموع مواد ملحية لأنها تحتوى على الكلوريدات. ولما ننضم الملح في طعامنا لأن أجسامنا في حاجة إليه، وتجنّب الحيوانات، (وخصوصاً آكلة النباتات التي لا تحصل على الملح من دم وأنسجة الحيوانات الأخرى) وتسافر مسافات بعيدة في مواجهة عديد من الأخطار لكي تصل إلى أما كن نجصات الملح الطبيعي.

ويوجد الكلور عادة على شكل أملاح في الأرض. وتحتوى مياه المحيطات عادة على ٣٪ من الأملاح. وتكفى كمية الأملاح في المحيطات لتغطية الولايات المتحدة بطبقة سمكها ميلان.

وغالباً ما تزيد كمية البحر في البحيرات المغلقة عن كمية المياه المتدفقة إليها ، وعلى ذلك تتجمع الأملاح لأنه لا يتبخر سوى المياه . ومثال ذلك بحيرة الملح الكبرى في ولاية يوتا ، والبحر الميت على حدود فلسطين والأردن . ويتبخر هذه الكمية من المياه كلية ، تختلف عنها رواسب كثيفة من الملح ، يبلغ سمكها أحياناً ١٠٠٠ قدم أو أكثر .

ويمكن تحليل الملح المصهور تحليلًا كهربائيًا مثل الماء تماماً . ويتصاعد منه غاز الكلور .

وتتكون العناصر المرتبطة بالكلور (والموجودة معه في نفس العمود من الجدول الدوري) مركبات مشابهة للملح ويشار إلى هذه العناصر بالهالوجينات *Halogens* ، وهي كلمة تعني باليونانية « المكونة للأملاح » .

### الكلوريدات العضوية :

ومع أن الكلور لا يتحد مباشرة مع الكربون ، إلا أنه توجد طرق غير مباشرة لاتحادهما . فنظرًا لقدرة الكربون الخاصة على حمل جزيئات كبيرة ، توجد آلاف من الجزيئات العضوية المحتوية على الكلور . وأشهرها نوعان يميّزان من هذه الجزيئات . أحدهما هو الكلوروفورم ، وتحتوى جزيئاته على ذرة من الكربون وذرة من الهيدروجين وثلاث ذرات من الكلور . وهو سائل يغلي في درجة حرارة أقل من الماء . ويتبخر أسرع من الماء في درجة الحرارة العادية . ويقال عن هذه السوائل السريعة التبخر إنها « تتطاير » . ويستخدم الكلوروفورم في التخدير ، وعند استخدامه بطريقة صحيحة يدفع الناس إلى النوم ولا يجعلهم يحسون بأي ألم . وقد استخدم لأول مرة كخدر سنة ١٨٤٧ . ومن أوائل المرضى الذين أعطى لهم هذا المخدر الملكة فيكتوريا ملكة إنجلترا . والكلوروفورم تأميمي على القلب والراحة والكلية ، وقد استبدل منذ زمن بعيد بمخدرات أخرى أكثر سلامة على الإنسان

ومن الأمثلة الأخرى المشابهة ، رابع كلوريد الكربون . ولا يحتوي جزيئه على ذرة إيدروجين واحدة ، ولكنه يحتوي على ذرة كربون ، وأربع ذرات من الكلور . ورابع كلوريد الكربون — مثله كمثل الكلورفورم — سائل متطاير . ونظراً لأنه لا يشتمل إطلاقاً ، فإنه يستخدم في بعض أنواع مضافات الحريق . وعند توجيهه بقوة إلى الحريق ، سرعان ما يتحول إلى بخار . وهذا البخار أكثر كثافة من الهواء بأكثر من خمس مرات ، وهو يلتصق عاماً بالثقل ، وبالتالي يحميها ، لأنه لا يمتدحى ولا يساعد على الاحتراق .

ويذيب رابع كلوريد الكربون اللواد الدهنية والزيوت والشحم بسهولة ، ولهذا يستخدم في التنظيف الجاف . وهو أغلى من أثير البترول الذى يستخدم عادة في التنظيف الجاف أيضاً . ومفعوله في التسمم كذلك أقوى . ويجب عند استخدامه في المنازل مراعاة تهوية الحشرات جيداً . وميزة رابع كلوريد الكربون أنه المنظف الجاف الوحيد الذى لا يشتمل ولا يؤدي استعمله إلى حدوث أى حريق .

### أكثر العناصر نشاطاً :

ذرة الفلور هي من أصغر الترات في مجموعة الهالوجينات . والفلور هو العنصر رقم ٩ . ويشبه الكلور في أنه غاز لونه أصفر مخضر باهت ، وإسائه أصعب من الكلور . فهو يسيل عند نفس درجة إسالة الأكسجين تقريباً . ومفعوله في التسمم أقوى وأنفط من الكلور . بل هو في الواقع أكثر العناصر نشاطاً : فتتفاعل جزيئاته وتتحد ( وهي تحتوي على ذرتين من الفلور ) بكل شيء حتى إنها تتفاعل مع الماء فتجذب منه الإيدروجين تاركة وراءها ذرات الأكسجين . وهي تفعل ذلك بنفس وقوة حتى إن بعض ذرات الأكسجين المتبقية تتحول إلى أوزون . والفلور أكثر نشاطاً حتى من الأوزون ، ولهذا السبب تربط فكرة الفلور

السائل بإطلاق الصواريخ ، لتحل محل الأكسجين السائل ، إلا أن نشاط الفلور السائل يحول دون استعماله .

وعند تفاعل الفلور مع الإيدروجين ، ينقسم جزئى كل منهما إلى ذرتين ، وتستمد الطاقة الكبيرة اللازمة لانطلاق الصاروخ من حرق الإيدروجين فى الفلور . وإذا أمكننا تقسيم الجزئيات بطريقة ما لنبدأ بها ، فندخل « الإيدروجين الثرى » و « الفلور الثرى » فى خزانات الوقود ، فإننا نحصل على أقوى وقود كيميائى يمكن تصوره . وليست لدينا الآن أية فكرة عامة عن إمكانية تقسيم مثل تلك الجزئيات والاحتفاظ بها مقسمة فى صورة ذرات .

وإذا مر تيار من الإيدروجين مثلاً بين شرارة كهربائية ، تتحطم الجزئيات إلى إيدروجين ذرى . ولكن سرعان ما تتحد تلك الذرات فى الحال فتتولد كميات كبيرة من الحرارة . فتصل حرارة مصابيح الإيدروجين الثرى إلى ٣٥٠٠ درجة مئوية .

ويلتصق الفلور بقوة بالذرات الأخرى حتى ليصب على الكيميائيين فصله عن مركباته . وعندما حاول البعض نزع مركباته ، فسرطان ما كان يهاجم أى شئ يقابله ، ويعود إلى تكوين مركب ثانياً . واستمر هذا الوضع لمدة طويلة . وأخيراً نجح الكيميائى الفرنسى هنرى موانسان<sup>(١)</sup> سنة ١٨٨٦ فى حل هذا المعضل . فقد حال مركباً محتوياً على الفلور تحليلاً كهربائياً باستخدام جهاز من البلاتين ( والبلاتين كما تعرف هو من العناصر القليلة التى لا يتحد معها الفلور ) ، وجمع الغاز الناتج فى إناء منحوت من « الفلور سبار »<sup>(٢)</sup> ( وهو معدن يمكن أن تقشع جزئياته بكل الفلور الذى يمكنها أن تتحد به ، ويتبقى ما يزيد عن حاجتها . وينطبق نفس

Henry Moissan (١)

Fluor spar (٢)

الغنى على النحاس أو العناصر الأخرى المستخدمة لمثل هذه الأغراض . فيتحد الفلور مع النحاس وإذا تتكون طبقة من « فلوريد النحاس » شديدة الالتصاق به وعظيمة بكل العنصر . وعندما يتم تكوين هذه الطبقة لا يصبح الفلور أى تأثير عليها بعد ذلك ) .

والفلورسبار مادة صلبة يسهل صهرها بالتمسخين . وبما أن سائل الفلورسبار يتحد مع الشوائب الموجودة في الفلزات ، لذا يستخدم في تنقية الفلزات وينزعها منها . وتسمى مثل هذه المواد « Flux » . ونظراً لأن سائل الفلورسبار يتدفق مثل أى سائل آخر ، لذا ترجع تسمية الجزء الأول من المعدن إلى الكلمة التي تعني « يتدفق » . وقد أطلقها عمال التعدين بسبب تدفقه فوق الفلز النيرني . وبما أن الفلورسبار هو أكثر المعادن في العالم احتواءً على الفلور ، فقد أطلق الكيميائيون اسماً مهابهاً على العنصر نفسه .

والفلور عنصر غير أساسي في الحياة . ومع ذلك يوجد بكميات ضئيلة في الجسم الحي وقد يتضح أنه على درجة من الأهمية ، فبعد عدة سنوات لوحظ أن سكان « ديف سميث كوتى » بولاية تكساس لا تنسوس أسنانهم . وقد اهتم أطباء الأسنان بهذه الظاهرة وحلوا المواد الغذائية التي يتناولونها ، فأكتشفوا أن المياه التي يشربونها تحتوي على كميات ضئيلة من « الفلوريد » حملتها من التربة ، ( والفوريدات هي مركبات من الفلور وعنصر آخر ) .

وتحتوى الأسنان كذلك على كميات صغيرة من الفلوريد ، وقد بدأ الناس يتساءلون عما إذا كان الفلوريد الذى في الأسنان هو الذى يمنع تحللها . وربما بإضافة القليل منها إلى الوجبة الغذائية تعمل على حفظ الأسنان .

وبما أن الفلوريدات سامة ، فنجد الكيميائيين وأطباء الأسنان حريصين جداً عند استعمالها في كثير من البلدان . ثم جربت إضافة كميات ضئيلة جداً من



الفلوريد للمياه ، تبلغ حوالى أوقية واحدة لكل ٨٠٠٠ جالون من الماء وذلك فى السنوات القليلة الماضية . وهذه الكمية لا تسبب أى ضرر بل تتعشم أن تكون ذات فائدة كبيرة .

ويتحد الفلور بالاييدروجين لتكوين غاز هو « فلوريد الايدروجين » . ومن أبرز خصائص هذا المركب أنه أحد المركبات القليلة التى تتفاعل مع المركبات المحتوية على السيليكون . ويتنتج عن ذلك تكوين « رابع فلوريد السيليكون » ، وهو غاز يتصاعد على سطح مركبات السيليكون . وبهذا يتأكل السطح .

وبما أن الزجاج يحتوى على سيليكون ، فإن فلوريد الايدروجين يتفاعل معه ويترك مكانه سطحاً خشناً مقتماً فى وقت قصير ، وقد أمكنت الاستفادة من هذه الظاهرة . وينطى الزجاج بطبقة رقيقة من الشمع أولاً ثم تحفر على الشمع خطوط أو أرقام أو حروف حتى تصل إلى الزجاج فى هذه الأماكن ، فنلاحظ أن الزجاج المنطى بالشمع لا يتأثر بفلوريد الايدروجين ، فى حين أن الأماكن المكشوفة من الزجاج تحفر ويصبح سطحها خشناً . ثم يبعد الزجاج عن فلوريد الايدروجين بعد فترة وجيزة ، ويترك الشمع الذى على الزجاج ، فتجد أنه قد تكونت مساحات دائمة عليه مكونة من خطوط أو أرقام أو حروف ثم حفرها على الشمع . فإذا رأيت أى علامة على الأدوات المنزلية الزجاجية فاعلم أنها تمت بهذه الطريقة .

ونظراً لصغر حجم ذرة الفلور ، فهى تحل محل ذرة الايدروجين الصغيرة فى جزيئات الايدروكربونات ، وتلتصق ذرة الفلور بذرة الكربون بقوة قد تفوق قوة الايدروجين . و « الفلور » كربونات « الناتجة هى مواد خاملة جداً ، غير قابلة للاشتعال ولا تتأثر بالماء أو الهواء أو المواد الكيميائية القوية ( ولا حتى الفلور ) . وقد بدأ الكيميائيون حديثاً جداً فى دراسة قوة هذه المركبات ، وهم يأملون أن

تظهر فوائدها في القريب الماثل، وقد بدأ فعلاً استخدامها في التفتيح وكذبيات في حالات معينة. وهناك نوع يسمى «تالون» اكتشفه «ديون» وهو مكون من خزيتات كبيرة تحتوى على ذرات كربون وفلور. فقط يستخدم كموازل كهربائية .

ومن المركبات المحتوية على الفلور والتي تلفت النظر مركب يسمى «فريون» Freon وتحتوى خزيتانه على ذرة كربون وذرتي كلور وذرتي فلور، وهو غاز يسيل عند درجة ٢٨ تحت الصفر، وهي تقريباً نفس الدرجة التي تسيل عندها الأمونيا، ويستعمل كبرد مثل الأمونيا أيضاً، بل ويتفوق على الأمونيا فهو غير سام وعديم الرائحة. فلو تسرب من أجهزة التبريد فلن يسبب أى أضرار، ولن تكون له رائحة غير مرغحة، لذا يستخدم في التلاجات المنزلية وأجهزة التبريد. ولكن نظرًا لارتفاع تكاليفه عن الأمونيا، فلا زالت الأمونيا تستخدم في أجهزة التبريد الصناعية .

### العنصر السائل :

« البروم » هو العنصر رقم ٣٥، وهو الهالوجين الذى يلي الكلور، وتحتة في الجدول الدورى . وهو سائل أحمر داكن ومن العناصر القليلة التى توجد على شكل سائل في درجة الحرارة المادية . وهو يتطاير ويغلي عند ٥٩ درجة مئوية، ويتبخر ويتصاعد منه بخار ذو لون أحمر جميل . وحتى لو تركت زجاجة نصف مملوءة بالبروم في درجة حرارة الغرفة فإن الهواء الذى يماؤه يتلون بلون أحمر نتيجة تبخر سائل البروم . ولهذا الأبخرة رائحة قاذرة وشديدة ، حتى إن إسم العنصر قد اشتق من الكلمة اليونانية التى تعنى « كريهة الرائحة » (ولكى أكون صادقاً أعترف بأن رائحة البروم لا تبدو ككريهة مثل عشرات من المواد الكيميائية الأخرى) . والبروم ليس نشيطاً مثل الفلور أو الكلور، ولكن نشاطه يكفى ليسبب ضرراً

إذا ما تنفسه الإنسان أو سال على الجلاء ، ولذا يجب الحرص للعديد عند استعماله .  
وأحياناً يذيب الكيميائيون قليلاً منه في الماء (وهو غير سهل التوبان مثل الكلور  
ولكن بمعنى "وب" ) وعندئذ يصبح « ماء البروم » ذا اللون الأحمر الزاهى وهو  
أكثر أمناً عند استعماله .

والبروم أندر من الكلور أو الكلور . بل إن الكلور الذى يوجد فى العالم يزد  
عن البروم بمائة مرة ، والكلور يزد بمائتى مرة . ويوجد البروم فى مياه البحار على شكل  
« بروميد » (وهو اتحاد البروم بمنصر آخر) . وكان الكيميائى « أنطوان جيروم  
بالارد » هو أول من اكتشفه سنة ١٩٢٦ ، وكان يدرس المواد الصلبة الموجودة  
فى مياه البحر بعد إزالة المواد الصلبة المعروفة . وتقل نسبة البروم عن الكلور  
فى البحر بشكل كبير بل إنها تبلغ جزءاً من خمسةائة (١/٥٠٠) من كمية الكلور .

ويمكن الحصول من الناحية النظرية على أى عنصر من ماء البحر ، حيث إنه  
يحتوى ، على الأقل على كميات ضئيلة منها جميعاً . وبما أنه توجد كميات كبيرة  
جداً من مياه البحار ، فإنه بالتالى يمكن تجميع تلك الكميات الضئيلة . والمشكلة  
هنا هى أن هذه العملية تتطلب الكثير من الوقت والمتاعب والجهود لجمع تلك الكميات  
الضئيلة من كل المياه مما يجعلها مرتفعة التكاليف . فهناك مثلاً ملايين الأطنان من  
الذهب فى البحار ، فلو حللنا الحصول عليه من الماء ، بأى طريقة نعرفها لسكانت  
التكاليف كبيرة جداً إذا ما قورنت بالحصول عليه من مناجم الذهب العادية .

والبروم هو أحد العناصر المربحة إذا استخلصناه من مياه البحار . وقد أقيمت  
مؤسسات على شواطئ الولايات المتحدة ( إحداهما فى شمال كارولينا ، والثانية  
فى تكساس ) لاستخلاص البروم منها . فيمكن الحصول على رطل من البروم  
من ١٨٠٠ جالون من مياه البحر العادية . أما إذا كانت المياه من بحر مغلق ،  
أى يتبخر مائه ، مثل البحر الميت ، فعندئذ تزداد نسبة البروم الذى يمكن  
الحصول عليه . ويمكن كذلك الحصول على البروم من الرواسب الحطية التبقية

من تخفيف البحار . وهذا يعنى أننا لن نقتصد البروم أبداً . فسل البروم المستخلص والمستعمل يسلك طريقه مرة أخرى إلى الأرض ، ثم ينوب في مياه الأنهار ، ويتجمع في الأنهار ، ومنها إلى البحار مرة ثانية . وعلى ذلك تصبح البحار مصدراً دائماً له .

ويستخدم البروم أساساً في عمل مركب عضوى يسمى « ثانى بروميد الأثيلين »<sup>(١)</sup> . ويضاف هذا المركب إلى الجازولين المحتوى على مركبات مضادة للاصطدام ، فيتحصد البروم بذرات المركب المضاد ويحتمه من التجمع في آلة السيارة ويمنع أى ضرر .

وتستخدم البروميديات أحياناً في صناعة الأدوية مثل « المسكنات » . فهي تهدئ الأعصاب المتعبة وتستخدم في حالات الهستيريا فتجعل الإنسان خاملاً وهادئاً وأميل إلى النوم . أما إذا تعاطى الإنسان كميات كبيرة منها وعلى فترة طويلة فإن تعاطيه لها يصبح عادة ضارة . ولا يجب استعمالها إلا تحت إشراف طبيب . وهذه المناسبة يطلق تسمير « بروميد » على الأشخاص الملين أو الحالات المملة ، لأنها أيضاً تجعل الإنسان خاملاً وهادئاً ويميل إلى النوم .

#### التغيرات في مياه الشرب :

« اليود » من أقل الهالوجينات ، وهو المنصر رقم ٥٣ ، وهو جسم صلب رمادى مائل للسواد ، يتسامى بتسخينه عند ١٨٥ درجة مئوية ويتحول إلى بخار لونه بنفسجى جميل . والاسم مشتق من الكلمة اليونانية التى تعنى « بنفسج » .

والليود هو أقل الهالوجينات نشاطاً ، ومع ذلك فهو يكفى لقتل البكتريا . وبالإضافة إلى هذا فهو الهالوجين الذى يوضع مباشرة على الجروح . ويناب لهذا الغرض في مخلوط من الماء والكحول ( لأنه ينوب بقله في الماء بفرده ) . والمحلول الناتج لونه بني عميل للاحمرار . ويطلق الصيدالة على محاليل المواد الكيميائية في الكحول

اسم « صيغة » ، وعلى ذلك فإن ما نشتره من الصيدليات هو « صيغة اليود » .  
ويمثل أكبر تركيز لهذه الصيغة صيغة ٧٪ من اليود . ( ويحتوي أيضاً على  
« يوديد » ، وهو مركب من اليود وعنصر آخر ليسهل ذوبان اليود ) .

ويوضع اليود ، كما نعلم ، على الجروح الصغيرة والخدوش لقتل البكتريا وتقليل  
أخطار العدوى . فهو مطهر وقتل الجراثيم . فإذا ما وضع على الجرح سرعان ما يتسامى  
تدريجياً مبتعداً عن سطح الجلد ، أما إذا ضمد الجرح فإن التسامى يبطئ ،  
وقد يبقى اليود على الجروح مدة طويلة مما يسبب أضراراً بالأنسجة . لذا فمن  
المستحسن عدم تضميد الجرح برباط إذا ما وضع عليه اليود . أما إذا كان من  
الضروري تضميد الجرح فيستبدل بمطهر آخر .

ويعتبر « اليودوفورم » ( وهو مركب يحتوي على اليود ) مطهراً أيضاً .  
ويحتوي الجزء منه على ذرة من الكربون وذرة من الإيدروجين وثلاث  
ذرات من اليود ( فهل لاحظت التشابه بينه وبين الكلوروفورم السابق شرحه ؟ ) .  
وهو مادة صلبة لونها أصفر ويرش مسحوقه على الجروح . وعندما يقول بعض  
الناس إن بعض الأشياء لها رائحة « تشبه رائحة عيادة الطبيب » فإنهم يمتنون  
رائحة اليودوفورم . ويقل استعماله الآن بسبب هذه الرائحة .

واليود مهم جداً لحياة الإنسان بكميات ضئيلة جداً . فيحتوي جسم  
الإنسان على ١٠٪ من الأوعية من اليود . ويتركز ثلث هذه الكمية في كتلة من  
الأنسجة تصنف باسم « الغدة الدرقية » ، وهي قريبة من فتحة آدم .  
وتعمل هذه الغدة على تنظيم إحراق الجسم للمواد الغذائية للحصول على الطاقة .  
وهي تعمل هذا بواسطة مركبات محتوية على اليود وتسمى « اليودوثيرونين » .  
وإذا قلت كمية اليود تتورم الغدة أحياناً وتكون إنمجاكاً لا يرى بسهولة ويسمى  
« الجويتر » goiter .

وقد تعتقد أنه لاخطورة تذكر من فقد اليود، بما أن الجسم لا يحتاج إلا لكمية ضئيلة منه . ولكن اليود عنصر قليل الانتشار ، فهناك أما كن يقل وجود اليود في تربتها ، وعلى ذلك يقل اليود في النباتات التي تنمو في هذه الأماكن ، وكذا الحيوانات التي تتغذى عليها أو على بعضها . وفي مثل هذه الأماكن يكثر انتشار الجويتير ( أو كان منتشرأ ) .

والآن وقد عرف سبب الجويتير ، تضاف كميات صغيرة من اليود إلى مياه الشرب وتوضع تحت إشراف دائم . وهناك طريقة أخرى للاهتمام باحتياجات الإنسان من اليود ، وذلك بإضافة كميات صغيرة منه إلى ملح الطعام . ويسهل كثير منا هذا الملح المضاف إليه اليود . ويمكننا أن نضم راحته إذا ما قربنا فوهة الإناء المحتوى على الملح باليود إلى أنوفنا .

ويقل اليود عن البروم في مياه البحار ، فتوجد حوالى أوقية واحدة منه في مليونى جالون من ماء البحر . ولذا يصعب جداً استخلاصه من كل هذه الكمية من الماء ، ويصبح مرتفع التكاليف . ومن حسن الحظ أن بعض أنواع الأحياء المائية تجمع وتخزن ذرات اليود لاحتياج أجسامها إليه في بنائها الكيميائى . ومن أمثلتها أعشاب البحر والاسفنج . وتحتوى أعشاب البحر المحففة kelp على اثنى عشر رطلا من اليود في كل طن منها . وتتميز هذه الكمية أكبر ما يمكن الحصول عليه من مياه البحر . ويعتبر الكيميائى الفرنسى « برنار كورتوا » أول من اكتشف اليود سنة ١٨١١ أثناء دراساته على أعشاب البحر .

ونادراً ما يشكو من يسكنون بالقرب من البحر من أى متاعب من الجويتير أو نقص اليود . فهم أولاً يأكلون كمية معينة من أطعمة البحار التى تحتوى على كمية كافية من اليود تكفى لحاجة الجسم ، وثانياً ترسب أمواج المحيط التى تنساب على الأرض كمية كافية من اليود تكفى لاحتياجات النباتات الأرضية .

ويمكن الحصول كذلك على اليود من الرواسب الملحية التي تتكون بعد جفاف  
البخار ، فتحترق رواسب التترات في شيلي ، والتي سبق ذكرها ، على كميات  
ثابتة من اليود . وأحيانا توجد المياه المحتوية على اليود بالقرب من آبار البترول .  
ومن المدهشات المخيفة وجود « ثالث يوديد النيتروجين » ( ويحتوى الجزئ  
منه على ذرة من النيتروجين وثلاث ذرات من اليود ) وهى مادة لونها أسود بني .  
وهى من أشد المواد المفرقة ، بل إن مجرد أى طريقة رقيقة بطرف ريشة طائر  
قد تؤدي إلى انفجار بلورة ثالث يوديد النيتروجين بفرقة شديدة . ولكن ثالث  
كلوريد النيتروجين ( بإحلال ثلاث ذرات كلور محل اليود ) ليست له هذه  
الحساسية ، ومع ذلك فقد يسبب مآسى عنيفة . وبالرغم من صفاته المفجرة فقد  
كانت كميات ضئيلة منه تستخدم في تبييض الدقيق .

## الفصل الثامن

### الكبريت العنصر الأصفر

																		16	
																		34	
																		52	

#### الغاز وكبريت المود :

لا بد أننا نعرف جيداً العنصر رقم ١٦ جيد المعرفة . لقد عرفته الإنسانية منذ قديم الأزل ، ولكنه لم يعرف كعنصر إلا سنة ١٧٧٧ . وقد اكتشفه « لافوازييه » كما اكتشف الأكسجين والهيدروجين والنتروجين كما ذكرت سابقاً . ولا نعرف أصل كلمة « كبريت » : فقد كان الرومان يطلقون عليه اسم « ثيون » theion ، ولذلك لازلنا نجد في بعض المركبات المحتوية على الكبريت حقل « ثيو » في أسمائها الكيميائية .



ويوجد الكبريت تحت الأكسيجين مباشرة في الجدول الدوري . وذرات الكبريت تتشابه في نواح كثيرة مع ذرة الأكسيجين . ومع ذلك لو نظرنا إلى العنصرين لما وجدنا أى تشابه بينهما . فالأكسيجين غاز عديم اللون ، والكبريت جسم صلب لونه أصفر زاه .

ويوجد الكبريت على أشكال متآصلة متعددة : مثال ذلك إذا صب مصهور الكبريت في ماء بارد تتكون خيوط بنية من مادة مطاطة . وهذه المادة تسمى « الكبريت الرخو » . وإذا تركت لمدة فإنها تتحول يبطء إلى الشكل الأصفر الهش السابق .

ويطلق على الأكسيجين والكبريت وعناصر أخرى من نفس المجموعة اسم « الكالسوجينات » . وهذا الاسم مشتق من الكلمات اليونانية التى تعنى « المنتجة للمواد الخام » . ويرجع هذا إلى أن الخامات ( المعادن الموجودة فى الطبيعة والتي نحصل منها على فلزات مثل الألومنيوم والحديد والنحاس ) ما هى إلا مركبات من هذه الفلزات إما مع الأكسيجين أو الكبريت .

وتوجد رواسب من الكبريت الثقى تقريباً تحت الأرض فى صقلية ولوزيانا وتكساس . وأحسن طريقة لرفع الكبريت إلى السطح هى صهره أولاً . فتحفر فى هذه البلاد أنابيب عميقة تصل إلى طبقة الكبريت التى تحت الأرض وتصب فيها مياه ساخنة . وينفى الماء عادة عند ١٠٠ درجة مئوية ، وهذه الدرجة ليست كافية لصهر الكبريت . فهو ينصهر عند ١١٣ درجة مئوية . ولذا تدفع المياه المغلية تحت ضغط مرتفع . وهذا الارتفاع فى الضغط يرفع من درجة الحرارة بما يكفى لصهر الكبريت . ويسحب مصهور الكبريت من أنبوية أخرى . وتسمى هذه العملية « بطريقة فراش » نسبة لاسم مكتشفها .

ويرى الكبريت عادة على أحد شكلين : فإذا غلى سائل الكبريت وتقابل بخاره

بسطح بارد تسكون مسحوق أصفر دقيق يعرف باسم « زهر الكبريت ». أما إذا برد سائل الكبريت على شكل قوالب صلبة فيعرف عادة باسم « كبريت العمود ». ويتحد الكبريت بالمناطق السفلى في شكل آخر . وهو يكون  $\text{ر}٠٣$  / فقط من القشرة الأرضية ، ولكن زداد نسبته بشكل أكبر في تركيب الطبقات السفلى من الأرض . وتقدر نسبة الكبريت في كل الأرض ( وليست القشرة الأرضية فقط ) بثلاثة في المائة .

وقد تسكون على معرفة « بكبريت العمود » في مناسبة غير سارة على كل حال . وهذا يرجع لشهرة رائحته الكريهة جداً ، وبعض هذه الشهرة سليم وليس كلها . فعندما يحترق الكبريت في الهواء يلهب أزرق فإنه يتحد مع الأكسجين ليسكون جزيئات من ثاني « أكسيد الكبريت » . وتحتوى هذه الجزيئات على ذرة من الكبريت وذرتين من الأكسجين . وثاني أكسيد الكبريت غاز له رائحة خائفة . وقد تعود بعض الناس عمل شموع من الكبريت ثم إشعالها في حجرات مقفلة يقطعنها مرضى ، كنوع من المطهرات . ( ولدينا الآن الكثير من المطهرات الجيدة ، ولا يحتاج الأمر لحرق شموع الكبريت بعد ذلك ) . وترجع معرفة الناس « برائحة الكبريت الكريهة » لهذا السبب ، أو بالدقة لرائحة ثاني أكسيد الكبريت ، لأن الكبريت في حد ذاته عديم الرائحة .

وتتصاعد أبخرة ثاني أكسيد الكبريت أحياناً من الشقوق الموجودة في الأرض في المناطق البركانية . ففي صقلية مثلاً ، توجد بعض الأماكن التي تصل حرارة البراكين فيها لدرجة أنها تحرق الكبريت ببطء تحت الأرض وتكون ثاني أكسيد الكبريت . ويلاحظ الناس هذه الرائحة ، وأنها صادرة من تحت الأرض ، ويتمعرفون على الهب الأزرق الناجم من حرق الكبريت ، ويجزم البعض بأن الجحيم الملتهب في باطن الأرض هو نتيجة احتراق الكبريت .

ولهذا السبب تفرق « رائحة الكبريت » بالفاطين ، ويطلق على البشرين الذين يهددون أتباعهم برعب الجحيم أنهم يحفظون « بالنار وكبريت العمود » .

### الروائح الكيميائية :

كثير من المركبات المحتوية على الكبريت ، غير ثاقب أكسيد الكبريت ، لها رائحة قوية كريهة . وتحتوى المواد التي تعطى للبصل والثوم رائحتها وطعمها على ذرات كبريت . ( وقد تكون مقبولة أو مكروهة تبعاً لما لو أكلناها نحن أو شمعناها من أغناس الآخرين ) . وينطبق نفس الشيء على رائحة وطعم المادة الموجودة في المستردة والبصل .

وهناك مجموعة من مركبات الكبريت لها رائحة كريهة بشكل خاص وتسمى « ميركابتان » mercaptan .

أما أسوأ غاز سام استعمل في الحرب العالمية الأولى فهو غاز المستردة . وهو مركب له رائحة الثوم ، وهو سائل وليس غازاً في درجة الحرارة العادية ولكنه يتبخر بسهولة . وأبخرته ثقيلة وتعلق بأي جسم يتناثر فوق السائل . والغاز يسمم كل من يتنفسه ، أما إذا لامس السائل الجلد فيسبب تقيحاً يندمل ببطء .

وأعتقد أنك اقتنعت الآن بأن الكبريت يستحق كل التقلبات السيئة التي قيلت عنه . ومع ذلك توجد ذرات الكبريت في كثير من الصناعات المفيدة ، ومستحضرات السلفا الطبية ، وفي تركيب البنسلين ، وفي نوعين على الأقل من الفيتامينات . والواقع إن لثروات الكبريت أهمية في الحياة إذ تحتوى كل الأنسجة الحية على مركبات الكبريت .

ومن حسن الحظ أن المركبات المحتوية على كبريت في أجسامنا ليس لها أى رائحة . ومع ذلك تصد عنها رائحة تحت ظروف معينة ، ويحتوى الجلد والشعر

والريش على الكثير من هذه المركبات . وتتصاعد عند حرقها رائحة كريهة يصفها معظم الناس بأنها « رائحة الريش المحروق » . وينطبق نفس الشيء على الشعر . فإذا أمكنك الاستغناء عن خصلة صغيرة من الشعر فاحرقها وشم رائحتها .

وكذلك البيض غني بمركبات الكبريت . فعندما تهسد البيضة ، تتحلل هذه المركبات إلى جزيئات أبسط . وتحتوى بعض هذه الجزيئات على ذرتين من الإيدروجين وذرة كبريت فقط . وتعرف باسم « كبريتيد الإيدروجين » . وهو غاز ذو رائحة كريهة جداً . ويطلق عليه معظم الناس « رائحة البيض الفاسد » .

وبالرغم من رائحة كبريتيد الإيدروجين ، فإنه من المواد الكيميائية ذات الأهمية الكبرى — ويذاب في الماء بسهولة استعماله ، وعندئذ يمكنه أن يتحد بأعداد كبيرة من أنواع النترات المختلفة ليكون « الكبريتيدات » . وتختلف تفاعلات الكبريتيدات : فبعضها ينوب في الماء وبعضها لا ينوب . وبعضها ينوب في الأحماض القوية والآخر لا ينوب . وإذا أضيف كبريتيد الإيدروجين إلى أى مادة كيميائية مجهولة ودرست خصائص الكبريتيد الناتج ، فإنه يمكننا في الغالب معرفة نوع النترات الموجودة في المادة المجهولة . وهذا مثل من « التحليل الكيميائي » .

وتعمل كثير من المعاهد العليا والدراسات الكيميائية بالكلية على تدريس التحليل الكيميائي ، وغالباً ما تنتشر في معامل رائحة كبريتيد الإيدروجين . وعندما يتحدث الناس عن رائحة المعامل الكيميائية فهم يشيرون غالباً إلى كبريتيد الإيدروجين .

وكبريتيد الإيدروجين سام ، بل ويفوق أول أكسيد الكربون من هذه الناحية . ومع ذلك فهو ليس أخطر من أول أكسيد الكربون بسبب رائحته .

التي لا يمكن احتمالها إذا ما وجدت في الجو بكمية كافية تسبب أى ضرر ، فسرعان ما يفتح الناس النوافذ أو يتركون المكان في الحال . ويضاف كبريتيد الإيدروجين عن عمد إلى غاز الطهو ، حتى إذا ما تسرب من الأنابيب أمكن شم رائحته في الحال . وبهذا تقل فرص تسرب أول أكسيد الكربون عديم الرائحة . وتضاف مركبات الميركاتان إلى الغاز لشدة نفاذ رائحتها .

### الجانب المفيد من كبريت العمود :

من الأشياء التي تدعو إلى العجب في الكيمياء أنه يمكن الاستفادة من أى مادة ، منها بدت رائحتها كريهة ، فمثلا لا يمكن صنع المطاط الجيد بدون الكبريت . وكان « تشارلز ما كينتوش » الإسكتلندي أول من غطى الأقشة بالمطاط ليجعلها غير قابلة للبال (يطلق حتى الآن على المعاليف التي تلبس أثناء الأمطار اسم ما كينتوش) . وقد نجح في هذا فعلا ولكنها لم تكن مريحة في لبسها ، لأنها تصبح جافة جدا في الجو البارد ولزجة في الجو الحار .

وحدث في عام ١٨٣٩ أن سكب شاب أمريكي يدعى « تشارلز جودير » بدون قصد خليطاً من المطاط والكبريت على فرن ساخن . وعندما نزع الكتلة التي تكونت بعدئذ وجد أن المطاط أصبح أكثر سهولة في فردة وقصه من قبل ، وأنه بقي جافاً ومرناً على مدى درجات الحرارة . وبهذا اكتشف طريقة جليظة للمطاط .

ويضاف الكبريت كذلك إلى الكربور وملح البارود لعمل « البارود » . ويتساءل أحياناً هل هذا استعمال « نافع » ؟ ولكن من المؤكد أنه هام .

ويستعمل ثنائي أكسيد الكبريت ، هذا الغاز المثير للسكحة ، المسبب لالتهابات ، في قصر الألوان . فهو يقصر ألوان المواد التي تتلف باستعمال الكلور . ويستخدم

لصنع ألوان الأنسجة الحريرية والصوفية والصبغات للصنوعة من القش والريش . وهو يسهل بسهولة ويستخدم في التبريد مثل الأمونيا . ويستخدم بكيات وافرة في صناعة الورق . ويصنع الورق من الخشب للمهرس . وأهم وأفيد جزء في الخشب هو السيليلوز ، وهو موجود في الأنسجة التي تتلحم ببعضها بمادة لثة تعرف باسم «اللين» lignin . ويذوب ثاني أكسيد الكبريت في الماء مكوناً كبريتات ، وهي بدورها بإضافتها إلى الخشب المهرس تذيب اللين ، تاركة أنسجة السيليلوز التي يمكن ضغطها تحت ظروف معينة إلى شرائح رقيقة من الورق .

ويتحد جزئياً ثاني أكسيد الكبريت بذرة أكسجين ليكون « ثالث أكسيد الكبريت » ، الذي يذوب في الماء ، ويتحد بجزء منه ليكون حامض الكبريتيك . ويحتوى جزئياً حامض الكبريتيك على ٧ ذرات : ذرتين من الإيدروجين وذرة كبريت وأربع ذرات من الأكسجين .

وحامض الكبريتيك حامض قوى ، وهو أهم وأرخص كل الأحماض . ويمكن قياس تقدم الصناعة في أى بلد بكية حامض الكبريتيك التي تستهلكها في العام .

ويتحد حامض الكبريتيك بمزيتات الماء بشراهة ، وترتفع درجة الحرارة نتيجة لذلك . ولهذا العملية خطورتها حيث أنه كثيراً ما يحتاج « لتخفيض » حامض الكبريتيك في العامل الكيميائية ، أى إضافة الماء إليه لتقليل قوته . فإذا تمت هذه العملية بسرعة فقد تسبب الحرارة الناتجة غليان المخلوط وتناثره . وقد تسبب في حرق الكيميائيين أو تقدم بصرم . لذا يجب الاحتراس الشديد عند استعمال حامض الكبريتيك .

ونظراً ليل حامض الكبريتيك للاتحاد بالماء ( للكون من الإيدروجين والأكسجين كما تعلم ) ، فإنه ينتزع ذرات الإيدروجين والأكسجين من الجزيئات

الأخرى . لذا سرعان ما نرى قطعة سكر تنفحم وتتحول إلى مادة هشة إذا وضعت في حامض الكبريتيك . وكذا يتفحم الخشب ببطء . وإذا وقعت قطعة من الحامض على الورق أو الملابس فسرعان ما تنقبها وتسبب حرقاً سيئاً إذا ما وصلت إلى الجلد .

وحامض الكبريتيك من أهم المواد الكيميائية المعروفة . ولا يمكن أن تستمر مدينتنا الصناعية الحديثة بدونها . وهو يستخدم في تنقية الغازات والبتترول وفي طلاء المعادن وفي صناعة أسلاك الصلب والكثير من المواد الكيميائية المختلفة وفي آلاف من الاستخدامات الأخرى .

### الأبواب الأتومانية:

يوجد عنصران مشابهان للكبريت في الجدول الدوري . أحدهما هو العنصر رقم ٥٢، وقد أجرى الكيميائي الألماني « مارش هنريش كلايبر » أبحاثه عليه سنة ١٧٩٨ وأسماه « تلوريوم » <sup>(١)</sup> . وهو اسم آلهة الأرض عند الرومان . وكان الكيميائي النمساوي « فرايز جوزيف مولر » قد اكتشفه سنة ١٧٨٢ .

وعندما اكتشف « برزيليوس » (الذي أشرت إليه عند الحديث عن السيلينيوم) العنصر رقم ٣٤ في عام ١٨١٧ أدرك أنه يشبه التلوريوم ولذا أسماه « سيلينيوم » <sup>(٢)</sup> على اسم آلهة القمر عند اليونانيين : الأرض والقمر .. وهذا يدل على أن للكيميائيين جوانبهم الشعرية .

ويكون السيلينيوم والتلوريوم مركبات مشابهة لما يكونه الكبريت . فتتحد

مثلاً ذرة سيلينيوم مع ذرتين من الإيدروجين لتكوين سيلينيد الإيدروجين ، وهو أسوأ رائحة من كبريتيد الإيدروجين ، وهي تشبه رائحة القبل العطب . أما « تلوريد الإيدروجين » فرائحته أسوأ الثلاثة ، وهو يشبه رائحة الثوم العطب . أما الكيميائيون الذين تتاح لهم فرصة العمل على التلوريوم فإن أجسامهم تمتص كميات ضئيلة منه ولكنها كافية لتجعل أنفاسهم لها نفس الرائحة ، وهذا ما يجعلهم منفردين في الأوساط الاجتماعية طالما بقيت في أجسامهم . ومع ذلك ينتج من إضافة كميات صغيرة من التلوريوم إلى بعض العناصر الأخرى صفات أخرى محببة تجعل الكيميائيين يواصلون أبحاثهم على المادة .

وتوجد في تربة بعض الأماكن في غرب الولايات المتحدة نسبة من السيلينيوم أكثر من المعتاد . و تمتص النباتات التي تنمو في مثل هذه التربة السيلينيوم . ويلاحظ عندئذ أنه عند تكوين المواد التي يفترض وجود الكبريت فيها تحمل ذرات السيلينيوم محل الكبريت . ومثل هذه النباتات النقية بالسيلينيوم سامة ، وتقتل الحيوانات التي ترعى عليها . ويطلق على هذه النباتات بشكل عام « لوكوويد » *loco weed* .

والسيلينيوم فوائده رغم رائحته الكريهة التي تفوق الكبريت : فهو أضيف جزء من السيلينيوم إلى مصهور الزجاج ، فإنه يضاف عليه لوناً قرظياً يتعادل مع لون الزجاج الأخضر الطبيعي . ويبدو الزجاج أكثر وضوحاً وشفافية . أما إذا زادت كمية السيلينيوم ، فيتحول لون الزجاج إلى أحمر غامق يستعمل في مصابيح إشارات المرور .

والسيلينيوم جيد التوصيل للكهرباء بشكل واضح . وقد اكتشف « دلووى سميت » أن السيلينيوم ردى التوصيل للكهرباء ليلاً ، وجيد التوصيل في الضوء . وهذا مثل للاكتشافات الهامة التي أمكن التوصيل إليها بمحض الصدفة مثل جافنة اللطاط . وقد أمكن الاستفادة من هذه الخاصية في عمل الأبواب الأوتوماتيكية والمجائب الأخرى .



فقطى المادة الموجودة فى « الخلية الكهروضوئية » بالسليسيوم ، وثبت هذه الخلية على قائم فى مواجهة الباب المتأرجح . وعلى قائم آخر مواجه يوجد مصباح يلقى حزمة من الأضواء على الخلية الكهروضوئية . فطالما كان السليسيوم فى مواجهة الضوء سرت الكهرباء وبقي الباب مغلقاً . ولكن إذا مر شخص ما بين القائمين ، فإن جسمه يحجز الضوء ويقف فى مسار الأشعة الضوئية ، وتبقى الخلية الكهروضوئية فى الظلام لمدة ما ، فيتوقف سريان الكهرباء فى السليسيوم ، ويقطع التيار الكهربائى ، فيفتتح الباب فى نفس الوقت الذى يمر خلاله الإنسان . وتستخدم هذه الخلية فى التحذير من المصوص<sup>١</sup> وفى وقف بعض الأجهزة ، وآلاف الأعمال الأخرى بنفس الطريقة .

# الفصل التاسع

## الفوسفور

### العنصر المضيء

15
33
51
83

#### أنواع مختلفة من التآكل :

في عام ١٦٦٩ كان الكيميائي الألماني « هنج براند » متكباً على دراسة البول . وقد سخنه حتى تبخر كل مائه . وعندما حلل المواد الصلبة المتبقية اكتشف عنصراً جديداً رقم ١٥ .

وهذا العنصر هو مادة رخوة بيضاء شمعية تحترق ببطء عند درجة الحرارة العادية

بتعريضها للجو وبلهب أخضر براق . وقد أطلق « براند » على هذا العنصر الجديد اسم « فوسفور » نظراً لهذا البريق . وترجع هذه التسمية إلى الكلمات اليونانية التي تعنى « أنا أحمل الضوء » .

وكان أول استخدام لهذا الفوسفور في عمل الثقاب ، لأنه سهل الاشتعال ، ولكن لسوء الحظ فإن الفوسفور - بهذا الشكل ( للسمى الفوسفور الأبيض ) سام جداً . ولا يتألك عمال مصانع الثقاب إلا أن يتنفسوا القليل من أبخرة الفوسفور ، التي تستقر في عظامهم ، وتسبب لهم خسائر لا يمكن الشفاء منها . واستنشاق بلغم من الأوقية من الفوسفور الأبيض تكفي للقضاء على الإنسان . لذا أصبح من الواجب تحريم استعمال الفوسفور الأبيض .

ومن حسن الحظ أن هناك أنواعاً أخرى متصلة من الفوسفور . فلو سخن الفوسفور الأبيض لمدة ساعات عند ٢٥٠ درجة مئوية فإنه يتحول إلى « الفوسفور الأحمر » ، بشرط أن يكون التسخين بمعزل عن الأكسجين ( حتى لا يحترق ) . وقد تم اكتشاف هذه الطريقة في سنة ١٨٤٥ . ويختلف هذان النوعان من الفوسفور لا في اللون فحسب ولكن في صفات أخرى . وينصهر الفوسفور الأبيض عند ٤٤ درجة مئوية ولكن لا ينصهر الفوسفور الأحمر إلا إذا وصل إلى حوالي ٦٠٠ درجة مئوية . والفوسفور الأحمر أقل نشاطاً من الأبيض ، فهو لا يلمع ولا يحترق بسهولة ، وكمية السام أقل بكثير من الفوسفور الأبيض وليس خطيراً عند استعماله .

ولا زال الثقاب الحديث يعتمد على الفوسفور بطريقة أو أخرى . ويحتوى الثقاب المادى ، الذى يشتعل باحتكاكه بجسم خشن ، على « ثالث كبريتيد الفوسفور » في رأس العود . ( ويحتوى جزيئات هذا المركب على أربع ذرات من الفوسفور وثلاث ذرات من الكبريت ) .

وثالث كبريتيد الفوسفور ليس ساماً بشكل خاص ، ويسهل إشعاله . وتسكنى الحرارة الناتجة من احتكاك الثقاب بحجم خشن لإشعاله وإحراق الجزء الخشبي من العود . وتضاف أيضاً مركبات معينة يتساعد منها أكسجين عند تسخينها ، وذلك لضمان إشعال الثقاب . ويحترق ثالث كبريتيد الفوسفور في وجود الأكسجين بشدة . ويمكنك ملاحظة هذا بنفسك عندما تحك عود الثقاب .

ولا تحتوي عيذان ثقاب الأ من على أى مركبات فوسفورية في رموسها ، ولا تشتمل عند حكها بسطح عادى . أما شريط الاحتكاك الموجود في مشط الكبريت فهو يحتوى على فوسفور أحمر . وإذا حك عود من ثقاب الأ من على هذا الشريط يتطاير الشرر من الفوسفور الأحمر وتسكنى حرارة الشرر لإشعال الثقاب .

وعندما يحترق الفوسفور يتكون « خامس أكسيد الفوسفور » . وهو مادة صلبة بيضاء . ويتكون الجزء منها من ذرتين من الفوسفور وخمس ذرات من الأكسجين . وخامس أكسيد الفوسفور ، مثله كمثل السيليكا الغلامية ( السابق ذكرها ) ، مادة محففة ، فهو يمتص بخار الماء من الجو ويتركه جافاً تماماً . بل إن قوته في هذا المجال تزيد عن السيليكا الغلامية ، بل إنه أقوى المحففات المعروفة جيداً . ولكن يصعب اشتعاله ، فإذا أهملت ملاحظته طول الوقت فإنه يمتص من الماء المحيط به ما يحمله صمغى القوام ويفقد قيمته قبل أن تذكره .

وعندما يتحد خامس أكسيد الفوسفور بالماء فإنه يكون « حامض الفوسفوريك » . وهو حامض متوسط القوة ويمكن الحصول عليه بكميات أوفى من الأحماض الأخرى فيما عدا حامض الكبريتيك . ويتحد حامض الفوسفوريك بأنواع مختلفة من الفلزات مسكوناً « الفوسفات » .

### اللحم والعظم :

إن حقيقة اكتشاف الفوسفور في البول أولاً تدل على أنه يوجد في المواد الحية . والفوسفور هو من العناصر الأخرى الضرورية للحياة . ويوجد في الأجسام على شكل فوسفات . وتتكون عظام الكائنات الحية والحيوانات العظمية الأخرى، من القيل حتى السمك ، من فوسفات أساساً . وتشبه فوسفات العظام في تركيبها بنوع معروف من الصخور يسمى « إيدروكسيد الألبت » وقد تؤخذ بهذا التشابه بين العظام والصخور ، ولكنها الحقيقة . وإني أشير هنا بالطبع إلى الجزء الصلب من العظام أى الجزء « المدمى » . فتحوى العظام زيادة على هذا على جزيئات عضوية معقدة ، على حين أنها لا توجد في الصخور . والجزيئات العضوية هى التى تجعل العظام صلبة ومرنة وتمكنها من إحمال الضربات التى قد تفتتها لو كانت مسكونة من فوسفات فقط . وتقل كمية الجزء العضوى كلما كبر سن الإنسان وتزداد كمية الفوسفات . وهذا يفسر لماذا نجد عظام المسنين هشة وقابلة للكسر أكثر من عظام صغار السن .

وتوجد كميات معقولة من الفوسفات فى الأنسجة الرخوة أيضاً . فعندما يحرق الجسم المواد الغذائية للحصول على الطاقة فإنه يخزنها على شكل فوسفات خاصة تسمى « الفوسفات ذات الطاقة المرتفعة » . وتفتت بسهولة هذه « الفوسفات ذات الطاقة المرتفعة » ، وتطلق الطاقة التى كانت مخزونة بها . وعندما يحتاج الجسم لبعض الطاقة (إذا تقلصت عضلة أو غند لإرسال أى إشارة خلال العصب أو لبناء جزيء معقد من جزيئات بسيطة فإنه يحطم بعض هذه « الفوسفات المرتفعة الطاقة » .

وبما أن النباتات تحتاج للفوسفات أيضاً مثل باقى الكائنات الحية ، فنجدها أن السماد يحتوى على الفوسفات . ويسمى أحد أنواع السماد الهامة والمفيدة « بالسوبر

فوسفات « - ويمكن استخدام العظام الموجودة في الأرض كخصبات لأنها تحتوي على الفوسفات أيضاً .

ولمنا نذكر أن النبات الذى يتحلل تحت الماء ينتج غاز الميثان، وكذلك يتصاعد الفوسفور الذى فى أنسجته على شكل « فوسفين » : وهو غاز سام ذو رائحة كريهة ، وتتكون جزيئاته من ذرة فوسفور وثلاث ذرات من الإيدروجين . ويحترق « الفوسفين » فى الهواء فى درجة الحرارة العادية . ويرى أحياناً لهب الفوسفين المحترق الخفاف فى الهواء فوق المستنقعات . وقد ترجع لهذه الظاهرة أسطورة « سراب المستنقعات » : فقد يظن من يفقدون طريقهم فى أراضي المستنقعات عندما يرون هذا اللهب ، أنه إنسان يحمل مصباحاً أو ضوءاً صادراً من نافذة منزل ، فيتوجهون إليه مستبشرين ، ولكن سرعان ما يخيب ظهم .

ويوجد الفوسفات كذلك فى فضلات الحيوانات ، كما يوجد على الجزر المتأثرة على ساحل يبرو بكيات كبيرة فى رواسب هذه الفضلات وللسماء « جوانو » ، التى نتجت من أسراب الطيور الرحل التى أقامت هناك منذ العصور الطويلة . ولهذا السبب فالجوانو سماد مفيد جداً .

وهناك مجموعة جديدة من مركبات الفوسفور احتلت حديثاً مكان الصدارة فى الصحافة ، ألا وهى السمسم « بنزات الأعصاب » . وتؤثر هذه المركبات على بعض كيميائيات الجسم التى تدفع الأعصاب للعمل . فإذا ما تنفس الإنسان هذه الغازات شلت تماماً كل أعصاب جسمه ، وبالتالي تقف كل أعمال الجسم ، حيث أن عضلاته لا يمكن أن تعمل دون أن تصلها « رسائل » الأعصاب . ويؤدى ذلك إلى الموت فى دقائق معدودة . ( فيمكنك أن تتخيل ماذا يحدث لمدينة حديثة إذا ما توقفت

فجأة كل أسلاكها الكهربائية ) . إن هذه الغازات تسبب موتاً أشنع من أى غاز سام استعمل فى الحرب العالمية الأولى . وإننى لأتمنى ألا تتاح أى فرصة لاستخدامها .

### السم المفضل :

يوجد عنصر الزرنيخ رقم ٣٣ تحت الفوسفور مباشرة فى الجدول الدورى . وقد اكتشف هذا العنصر سنة ١٧٣٣ وإن كان معروفاً بشكل أو آخر منذ أقدم العصور . وقد اشتق اسمه من الاسم اليونانى لمعدن أصفر مركب من الزرنيخ والكبريت . ومع أن الزرنيخ من العناصر غير المعروفة ، إلا أنه من أكثرها انتشاراً . فمن المشاكل التى تواجهنا عند تحضير أى فلز من خامات ، هى كيفية التخلص من الكميات الصغيرة من الزرنيخ التى توجد معه .

وإذا ذكرت لفظ زرنيخ لأى إنسان عادى ، فسيتبادر إلى ذهنه فى الحال « التسمم » — فإنه بدون شك السم المفضل لدى الكثير من كتاب القصص البوليسية . والشئ المضحك أن « الزرنيخ » يستعمل فى التسمم سواء فى الحقيقة أو (على أوسع نطاق) فى القصص البوليسية ليس هو عنصر الزرنيخ ، لأنه غير سام بشكل خاص ، ولكن يستعمل بدلاً منه مركب الزرنيخ هو « ثالث أكسيد الزرنيخ » وتتكون جزيئاته من ذرتين من الزرنيخ وثلاث ذرات من الأكسجين . وتكفى  $\frac{1}{4}$  من الأوقية منه لقتل الإنسان فى الحال .

ومن الممكن التعمد على الزرنيخ بتناول كميات من الزرنيخ أكثر من الجرعة التى تميت الإنسان العادى دون أن تؤثر فيه . وقد حاول أحد الملوك القدماء والسمي

« ميريدبنس ملك الأنباط » أن يحصن نفسه ضد كل أنواع السموم المعروفة ، وذلك بتناول كميات صغيرة منها على فترات . وبالطبع لا تصلح هذه الطريقة بالنسبة لكل السموم ، ولكنها تنفع فقط بالنسبة للزرنينخ .

وللكشف عن وجود الزرنينخ في جسم ميت يؤخذ جزء من الأنسجة ويضاف مخلوط من حامض وفلزر ، فيتفاعل الحامض والفلزر مع بعضها ، ويتصاعد غاز الإيدروجين ، وفي نفس الوقت فإن الحامض والإيدروجين يؤثران على الزرنينخ ( إذا كان موجوداً ) فيتحول إلى « أرسين » ، وهو غاز سام جداً تتكون جزيئاته من ذرة زرنينخ وثلاث إيدروجين .

وبمجرد وضع مخلوط الإيدروجين والأرسين في أنبوبة يسخن تحتها في قطعة ما فيتحلل الأرسين عند الجزء الساخن إلى زرنينخ وإيدروجين . وترسب الزرنينخ على الجزء البارد من زجاج الأنبوبة على بعد بضع بوصات ككتلة رمادية . ووجود مثل هذه الكتلة يثبت وجود الزرنينخ . وتسمى هذه الطريقة باسم « اختبار مارش » ، نسبة إلى مكتشفها ، وهي مهمة جداً كما ترى في التحقيقات الجنائية .

ويكون ثالث أكسيد الزرنينخ ( بأحاده بالماء وبعض أنواع القدرات الأخرى ) ما يسمى « بالزرنينخات » وهي سامة . ولا تسعد أن السموم تؤثر على الإنسان فقط . فالزرنينخات مهمة ، وتستخدم « كبيد للحشرات » : وهو لفظ مذهب لقاتل الحشرات . فكثيراً ما ترش أشجار الفاكهة بالزرنينخات لتحفظ البتائر لئلا للحشرات . ( ومن الأفكار السليمة أن تصل الفاكهة قبل أكلها حيث أن الزرنينخات ضارة بالجسم ) . كذلك ترش حقول القطن بالزرنينخات من طائرات تطير على ارتفاع منخفض حتى يمكن أن تقضى على حشرات بذرة القطن . وأشهر أنواع الزرنينخات معروفة باسم « أخضر باريس » .



ويوجد الزرنيخ كذلك في بعض غازات الحروب • واللويزيت « Lewisite » - وهو يأتي بعد غاز الخردل في الترتيب - من أكثر الغازات السامة الكريهة التي استعملت في الحرب العالمية الأولى ، وهو مركب يحتوي على الزرنيخ .

والزرنيخ ليس كله ضاراً • فيمكن استعمال بعض مركباته كأدوية • فقد اكتشف عالم ألماني اسمه « بول إهرلش » مركباً للزرنيخ اسمه « آرسفينامين » أو « ٦٠٦ » ( لأنه كان المركب السادس بعد الستائة الذي قام ببحثه ) . ويستعمل بحذر في علاج الزهري ، ولو أن استعماله قد توقف الآن بسبب انتشار مضادات الحيوية التي تقوم بنفس العمل وبأسرع منه •

### أهمية التجمد والانصهار السليبين :

والزرنيخ قريان ثقيلان هما الأنتيمون وهو رقم ٥١ ، والبرزموت ورقه ٨٣ • وقد عرفا منذ قديم الزمن • واسماهما قديمان ولا يعرف أصلهما •

والأنتيمون مادة بيضاء فضية يمكن تحضيرها على أشكال متأصلة عديدة ، وأثرها شكل غير ثابت يسمى « الأنتيمون المتفجر » : ويدل الاسم على ما يعنيه بالضبط • فلو حك الأنتيمون المتفجر فإنه يتفجر بقوة ويحول إلى الأشكال المادية للأنتيمون ، وتنطلق منه كمية كبيرة من الحرارة • ويوجد الأنتيمون المتفجر في المعامل فقط • أما الأشكال الطبيعية للعنصر فهي غير متفجرة بالمرّة •

والأنتيمون ليست له الشجرة السيئة التي اقربيه الزرنيخ ، ولكنه في بعض النواحي ليس أحسن منه ، فهو يكون مركباً يسمى « ستينين » تتكون جزيئاته

من ذرة من الأتيون وثلاث ذرات من الإيدروجين . وبذا فهو يشبه الأرسين مع استبدال ذرة زرنيج بذرة أتيون ، وهو سم شديد مثل الأرسين .

وقد استعمل قدماء المصريين ثالث كبريتيد الأتيون ( وتتكون جزئياته من ذرتين من الأتيون وثلاث ذرات من الكبريت ) في عمل أقلام الحواجب . وقد حدث هذا منذ خمسة آلاف سنة . أما الآن فإننا نستعمل في نواح أقل رومانتيكية : إنه يوضع على رؤوس عيدان ثقاب الأمن ، لأن ثالث كبريتيد الأتيون يحترق مثل شبيهه ثالث كبريتيد الفوسفور ، ولكن ليس بنفس السهولة . فالحرارة الناتجة من الاحتكاك المادي لا تكفي لإشعاله . لذا فالشرارة الناتجة من احتراق الفوسفور الأحمر على الصندوق أو للشط هي التي تشعله .

والأتيون هو من العناصر المعدنية ( وسأذكر الباقي فيما بعد ) التي تختلط ببعضها ليصنع منها « فلز الطباعة » . وفلز الطباعة هو نوع من السبائك ( أى خلوط من الفلزات ) ودرجة انصهاره منخفضة . فلو صهر ثم صب في قوالب وترك ليبرد فسيتجمد ليأخذ بالطبع شكل القالب . فلو كان القالب على شكل الحروف الأبجدية فإن فلز الطباعة سيتشكل بنفس الطريقة وتنتج عن ذلك قطعة من حروف الطبع . ولو وضعت مجموعة من هذه القوالب في صف ، وصب عليها فلز الطباعة وتجمدت على شكل قطعة واحدة لتنتج عنها شريحة تصلح للطبع . ولو غس وجه هذه الشريحة في الحبر ثم ضغطت على قطعة من الورق لظهر عليها سطر مطبوع .

وقد تعتقد أن أى فلز ذى درجة انصهار منخفضة ربما يفي بهذا الغرض . ولكن الواقع غير هذا ، لأن معظم السوائل تتقلص عندما تتجمد . وإذا تقلص أى سائل عندما يتجمد ، فسيحتاج عن ذلك إبعاده عن حواف القالب ، وبالتالي لن يصبح

الشكل النهائي للحروف حاد القطع . ولكن فلز الكتابة هو من الاستثناءات القليلة لهذه القاعدة : فهو لا يقلص بالتجمد بل يتمد . وعلى هذا يمكنك أن تتصور مصهوره ، وهو يتمد بالتجمد ، فيملأ كل التجويف والتجعدات التي بالاقاب فينتج عنها حروف سليمة الشكل واضحة للعالم وحادة .

ويمتزج البزموت bismuth كذلك بعناصر أخرى ليكون مواد ذات درجات انصهار منخفضة . ويلاحظ هنا أهمية انخفاض درجة الانصهار : فتصهر بعض المحلوطات عند درجة حرارة أقل حتى من درجة غليان الماء ، وتسمى بالسبائك « القابلة للانصهار » . و « معدن وود » مثلاً ، وهو سبيكة قابلة للانصهار ، ينصهر عند درجة ٧١ درجة مئوية .

ولذا يستخدم « معدن وود » في القالب للضحكة ، فتقدم إلى الضيوف ملاعق مصنوعة من هذا المعدن أثناء تناول الشاي . ونشل الضيف بالحديث أثناء تقليب الشاي بالملقعة . وبالطبع لن يلاحظ أحد أن طرف الملقعة المغمور في السائل قد انصهر ، وأنه ممسك بيد للملقعة قطع ، وأنه يقاب الهواء .

وهناك استعمالات أخرى للسبائك القابلة للصهر ، وهي على درجة من الأهمية . فهي تستعمل في أجهزة الرش الأوتوماتيكية . فتوضع في أسقف المصانع وأما كن العمل رشاشات معدة للعمل ، ولكن ما يمنعها من العمل هو وجود كتل من السبائك القابلة للانصهار . فإذا ما اشتعلت النيران ، فسرعان ما تصهر هذه الكتل وتبدأ الرشاشات في العمل بكل قوتها على إطفاء الحريق .

ومن استعمالات البزموت المعروفة والتي نراها في المنازل هي شكل « تحت جالات البزموت » (وهو مركب ذو جزيئات معقدة) ، ويستعمل كمسحوق لتطهير الجروح . وبعض مركبات البزموت تستخدم لتهديئة المعدة المتضربة .

تنقسم العناصر إلى مجموعتين : معظمها (ثمانون بالتحديد) فلزات ، والباقي ، وعدده اثنان وعشرون ، لا فلزات . وقد سبق في هذا الكتاب أن استعملت كلمة فلز أو معدن لآتي على ثقة من أنكم سوف تعرفون ما أعني : قد رأيتم جميعاً الفلزات وتعرفون كيف تبدو .

فالفلزات عند صقلها لها بريق أو لمعان خاص يطلق عليه « البريق المعدني » .  
أما المواد اللافلزية ( سواء كانت عناصر أو مركبات ) فهي شفاقة غالباً ، أو بيضاء  
أو ذات ألوان باهتة وليس لها بريق . والكبريت مثال على ذلك .

والفلزات « جيدة التوصيل » للحرارة والكهرباء ، أى تنتقل الحرارة والكهرباء  
بداخلها بسهولة . وتصنع الأسلاك الكهربائية دائماً من الفلزات ، وكذا تصنع  
المشعات والمبردات في العربات والمنازل من الفلزات . أما اللافلزات فهي على العكس  
من هذا ، أى « رديئة التوصيل » للحرارة والكهرباء .

والفلزات « قابلة للطرق » ، أى يمكن طرقها إلى صفائح رقيقة ، وهى قابلة  
للسحب — أى يمكن تحويلها إلى خيوط وأسلاك . ولا يمكن أن تتخيل أن الكبريت  
أو الكربون ( وهما من اللافلزات ) من الممكن أن يطرقا على شكل صفائح أو يسحبا  
على شكل أسلاك . فأى طريقة تحيلها إلى مسحوق . وتتميز الفلزات بالمرونة ، أى  
يمكن ثنيها وبرمها دون أن تنكسر . وحتى لو أمكن تحضير صفائح رقيقة من  
الكبريت ، وذلك بتجديد الكبريت المنصهر على سطح مستو ، فإنها تنفتت في الحال  
إذا حاولت ثنيها .

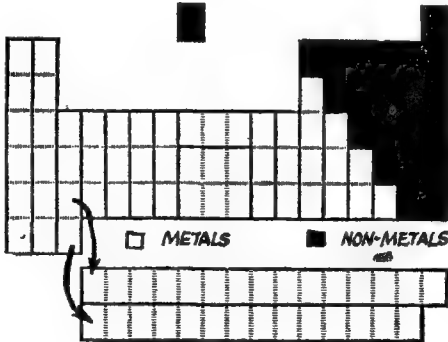
وقد حاول الكيميائيون التمييز بين العناصر الفلزية واللافلزية وذلك بالأسماء التى  
يطلقونها عليها . فقد حاولوا بقدر المستطاع أن تكون أسماء الفلزات منتهية بالمتطوع  
( im ) . واللافلزات تنهى بحرف ( النون n ) أو ( فى ne ) .

هنا إشارة إلى الواحد والعشرين عنصراً التى شرحتها سابقاً ، نجد تسعة عشر منها  
لا فلزات ، وأسماءها هى إندروجين ، وأكسجين ، نيتروجين ، وهيليوم ، ونيون ،  
وأرجون ، وكربتون ، وزينون ، وكربون ، وسيليكون ، وكلورين . وفلورين ،  
وبرومين ، ويود ، وكبريت ، وسيلينيوم ، وتلوريوم ، وفوسفور ، وزرنيخ .

نلاحظ أن ثلاثة عشر من هذه العناصر تنتهى أسماءها بحرف « n » أو « ne ». أما الستة الباقية فتجد منها الفوسفور والزرنيخ والكبريت وقد سميت بأسمائها القديمة قبل التفكير الحديث عن العناصر . وقد سمي الهيليوم باسمه عندما لم يعرف أى شئ عنه سوى خطوط الطيف ( أنظر الفصل الرابع ) . وقد ظن « لوكير » وقبض أنه فلز ( كان من الواجب تسميته « هيلون » ، ولكن فات الأوان ) . وأخيراً بالنسبة للسيليเนียม والتلوريوم فهما حائتان بين بين ، فبعض أشكالهما المتأصلة تتفاعل كالفلزات .

أما الأتيمون والزموت السابق شرحهما فاسماهما قديمان يرجعان إلى ما قبل التفكير الحديث عن العناصر .

وبما يلفت النظر تجمع العناصر اللافلزية فى جزء واحد من الجدول الدورى كما هو واضح من الرسم :



ومن بين الواحد والثمانين عنصراً التي سأشرحها وأناقشها بعد هذا ، يوجد فقط ثلاثة عناصر لافازية ( لن آتى على هذه العناصر الثلاثة إلا عند نهاية الكتاب ) . أما باقى العناصر فهى فليزية ، وسأبدأ بشرح أكثرها انتشاراً ، وهو أحد العناصر المعروفة واسمها « ألومنيوم » ورقه ١٣ .

### الفاز القيم المنتشر حولنا :

يعتبر الألومنيوم ثالث العناصر انتشاراً على القشرة الأرضية . ويسبقه فى ذلك الأكسجين والسيليكون ، وكلاهما من العناصر اللافلزية . وتتكون أكثر من  $\frac{1}{4}$  القشرة الأرضية من الألومنيوم ، وهو موجود فى التربة غالباً على شكل أنواع مختلفة من سيليكات الألومنيوم . وهى مركبات مكونة من ألومنيوم وسيليكون وأكسجين بالإضافة إلى عنصر أو عنصرين . وتتكون بعض سيليكات الألومنيوم المحتوية على أى نوع من الفلزات الأخرى الجواهر الجراء المعروفة باسم « العقيق » .

والجرايت هو أكثر الصخور انتشاراً على سطح الأرض . والقارات ما هى فى الواقع إلا طبقات ضخمة من الجرايت متداخلة مع نوع آخر من الصخر المعروف بالبازلت . ويقع البازلت أسفل القارات الجرايتية ويوجد كذلك تحت المحيطات .

ويعتبر كل من الجرايت والبازلت من الصخور النارية أى أنها تكونت بتأثير الحرارة الشديدة الموجودة تحت الأرض . والصخور العميقة تحت الأرض والساخنة لدرجة تكفى لصهرها تسمى « ماجما » . فندما تنطلق من البراكين تكون « الحمم » . وتسمى الصخور المنصهرة التى تبرد بسرعة لتكون كتلة صلبة زجاجية « الأوبسديان » . وقد تصاحب الحمم عند انطلاقها فقايق غازية ، عندئذ تتجمد على شكل ضخور خفيفة إسفنجية تطفو فوق الماء . وتسمى مثل هذه الصخور « بالحجر الخفاف » .

ويتكون الجرانيت من ثلاث مواد هي الكوارتز والفلسبار والميكا . والكوارتز كما سبق أن شرحته في الفصل السادس هو ثاني أكسيد السيليكون . أما الفلسبار والميكا فهما شكلان من سيليكات الألومنيوم . ويشير الجيولوجيون أحياناً إلى القارات على أنها جزء من طبقة « السيل » الداخلة في تكوين القشرة الأرضية . وكلمة « سيل »<sup>(١)</sup> هي اختصار لسيليكون والألومنيوم .

وأحد أنواع الفلسبار التي تلفت النظر ، معدن لونه أزرق قائم يسمى « لابس لازولى »<sup>(٢)</sup> ، وهو من الأنواع النادرة التي تعتبر نصف كريمة . أما النوع الصناعي منه فيسمى الزهرة أو « الأترامارين »<sup>(٣)</sup> .

ويمكن فصل للميكا عن بعضها على شكل صفائح رقيقة شفافة تسمى أحياناً غراء السمك<sup>(٤)</sup> . وتتمثل للميكا بدلاً من الزجاج في الاستعمالات التي تتطلب مقدرة على الانثناء مثل النوافذ القوسية . كما تستخدم الميكا في صناعة نوافذ أفران الصهر العالية لأنها تتحمل الحرارة أكثر من الزجاج . ويصنع التلج الصناعي الذي يزين أشجار عيد الميلاد من أجزاء صغيرة من الميكا . وهذا التلج لونه أبيض ومتألق وغير قابل للاحتراق .

وقد سبق أن شرحت في الباب السادس أن الكوارتز يتأثر بعوامل التعرية كالرياح والجو فيفتت إلى رمل . وبنفس الطريقة يتحول الفلسبار إلى طفل . وحيث أن الطفل أصغر من حبيبات الرمل وهي تكون كتلاً إسفنجية تحتفظ بمياه الأمطار

Sial (٢)

Lapis Lazuli (٢)

Ultramarine (٣)

Isinglass (٤)



وتعرقل سرعة بجزها . وعندئذ تظهر فائدته لنصوبة الأرض بالرغم من عدم فائدة كل من الألومنيوم والسيليكون للكائنات الحية . ( كذا لا يوجد أى من هذين العنصرين فى الأنسجة الحية ) . وتسمى التربة المكونة من الطفـل المخلوط بالرمل ومركبات الحديد « بالأرض الدلغانية » <sup>(١)</sup> .

ويعتبر الطفـل من أهم المواد الخـام وأكثرها انتشاراً فى عمليات البناء . فالطوب ماهو إلا طفـل غير نقي حرق إلى ١٠٠٠ درجة مئوية تقريباً .

ويحتوى الطوب على الرمل بالإضافة إلى الطفـل . وكذا يحتوى الطوب الأحمر على مركبات الحديد ويرجع إليه اللون الأحمر ، والطوب صلب ومتين وغير قابل للاشتعال .

ويستعمل « الكولـين » ( وهو نوع من الطفـل النقي ) فى صناعة الفخار والصينى . والصينى « البورسـاين » لامع وغير مسامى وشبه شفاف . ويسمى الكولـين بمد حرقه حتى يفقد لمعانه باسم « الفخار الطفـل » <sup>(٢)</sup> . أما الكولـين الذى يحرق فى درجات الحرارة المنخفضة حتى يبقى مسامياً فيسمى « الفخار » <sup>(٣)</sup> . ويطلق لفظ « القيشانى » <sup>(٤)</sup> أو الصينى على الأطباق التى تأكل فيها جميعاً والمصنوعة من الكولـين المحروق . وهذه الأمثلة الأولية تفسر لماذا سميت هذا العنصر باسم عنصر المطايخ . ويتحول الطفـل المضغوط تحت الأرض ، والذى عصر جيداً ، إلى كتل من

Loam (١)

Stoneware (٢)

Earthenware (٣)

Ceramics (٤)

« الأردواز » slate . ويمكن فصل الأردواز على شكل ألواح منبسطة كالسبورة التي نراها في حجرات الدراسة .

ويكون الألومنيوم مع الكبريت والأكسجين وعناصر أخرى سلسلة من المركبات المعروفة باسم « الشب » ، وهي معروفة منذ زمن طويل . وقد اشتق اسم الألومنيوم من اسم ألوم shale أى الشب . والشب مادة قابضة تجعد الجلد وأغشية الجسم الأخرى . فإذا قرب « قلم الكي » الذي يحتوى على الشب من الجروح الناتجة من حلاقة الذقن ، فإنه يفيء الجرح ويوقف النزيف . ويستخدم الشب كذلك في تنقية مياه الشرب ، لأنه يتسبب في تجميع البكتريا على بعضها ، وترسب في القاع كل المواد الغير مرغوب فيها مثل البكتريا والشب والأجسام الغريبة الأخرى ، وتغلوها المياه النقية الخالية من الجراثيم .

ويستخدم الشب أو كبريتات الألومنيوم ( وهو تبسيط لجزء الشب ) في « تصرية » الورق . فيضاف إلى عجينة لب الخشب وبعض المواد الفردية التي تلحم الأنسجة ببعضها لتكون ألواحاً مصقولة . وتضاف كبريتات الألومنيوم كذلك في صناعة النسيج لأنها تتفاعل مع الماء وتكون جسيمات دقيقة جداً من إيدروكسيد الألومنيوم ، وهذه تلتصق بشدة بألياف النسيج . ومن ناحية أخرى تلتصق مركبات الصبغة بإيدروكسيد الألومنيوم أكثر من التصاقها بالألياف ذاتها . وهكذا تعتبر كبريتات الألومنيوم نوعاً من مثبتات الألوان التي تسهل عمليات الصباغة .

وقد تعتقد ، بعد هذا الشرح ، أن فلز الألومنيوم ، مثله كمثل مركباته ، واسع الانتشار وقليل التكلفة . ولم لا ، فالقروض أن الطفل يلعب الرمل في رخصه الشديد . ولم يكن الأمر بهذه السهولة في البداية : ففترات الألومنيوم ملتصقة تماماً بالذرات الأخرى في السيليكات الواسعة الانتشار ، ومن المحال فصلها منها . وأول

من تمكن من فصل الألومنيوم هو الكيميائي الدانماركي « هاز كرستيان أورستد » سنة ١٨٢٥ . ولكن لم يتم استخلاصه لأغراض تجارية إلا سنة ١٨٥٠ . وحتى في هذا الوقت كان من الصعب الحصول عليه لارتفاع ثمنه . وكانت تكاليف الرطل منه ٩٠ دولاراً أو أكثر ، مما جعله أغلى من الفضة أو باهظ التكاليف كالذهب .

وكان نابليون الثالث الذي حكم فرنسا في الخمسينيات والستينيات من القرن التاسع عشر يستعمل شوكة من الألومنيوم ( في حين يقدم لضيوفه الذهب والفضة ) . وأهدى لطفله هدية ثمينة وهي لعبة « شخشيخة » من الألومنيوم . وقد عرضت كتلة من الألومنيوم في سوق باريس الدوائية سنة ١٨٥٥ وأطلق عليها « فضة من الطفل » . وتطورت طرق فصل الألومنيوم تطوراً بطيئاً في الثمانينيات من القرن التاسع عشر . وهبطت التكاليف إلى ٥ دولارات للرطل . وعند بناء تمثال واشنطن سنة ١٨٨٤ وضع عليه غطاء للرأس من الألومنيوم الصلب مازال موجوداً حتى الآن ، وهو يكون الطرف اللدب الأعلى للتمثال ، وتره في أى صورة .

### الكهرباء تقوم بالعمل :

ثم حدث في سنة ١٨٨٦ ما غير كل شيء . فقد اكتشف كيميائي أمريكي اسمه « تشارلز مارتن هول » — في الثانية والعشرين من عمره وكان حديث التخرج — اكتشاف طريقة رخيصة التكاليف لتحضير الألومنيوم من أكسيد الألومنيوم ، مما جعله من الأغنياء طيلة عمره . وقد اكتشف الكيميائي الفرنسي « ب . ل . ت . هيويت » نفس الطريقة وفي نفس الوقت تقريباً ، وقد ولد في نفس العام أيضاً مع « هول سنة » ١٨٦٣ ، وماتاً في نفس العام سنة ١٩١٤ .

وأكسيد الألومنيوم النقي مادة متبلرة بيضاء تحتوي جزيئاتها على ذرتين من

الألومنيوم وثلاث أكسجين. ويطلق عليه اسم «ألومنيا». و «الكوراندم»<sup>(١)</sup> نوع من أكسيد الألومنيوم الموجود في الطبيعة بصورة هبة نوعاً ما. أما النوع الأقل نقاوة فيسمى «الصفرة». وكلاهما شديد الصلابة، وإن كان أقل صلابة من الكوراندم والماس ولكنهما أرخص ويستخدمان في كشط المعادن.

وتستعمل أجزاء صغيرة من لدائن الكوراندم في عمل أحجار الساعات وبعض الآلات الأخرى، والكوراندم ينصهر عند درجة مرتفعة (أو بمعنى آخر «يتحمل الحرارة») ولذا يستخدم في تبطين الأفران. كما يمكن أن يستخدم الطوب في بناء مداخل المنازل.

وتتكون كثير من الجواهر (وبعضها قيم) من الكوراندم وتضاف إليه كميات صغيرة من الشوائب التي تضاف عليها لونها. فنها «الياقوت الأصفر»، «الياقوت الأزرق»، «الياقوت الأحمر». ويمكن عمل الياقوت الأحمر والأزرق الصناعي بإضافة الشوائب المناسبة إلى الكوراندم. وعندئذ تسمى الجواهر «الصناعية»، وتركيبها الكيميائي مشابه تماماً للأحجار الطبيعية. أما «الفيروز» وهو أكثر تعقيداً فهو نوع من فوسفات الألومنيوم.

ويوجد «البوكسيت» وهو نوع من أكسيد الألومنيوم ومن أكثرها نفاً بكميات وافرة في أجزاء مختلفة من العالم. وينقى أولاً للتخلص من السيليكون والأنواع الأخرى من الذرات الغير مرغوب فيها، وبذا يحول إلى مسحوق الألومنيا الأبيض. وتذوب الألومنيا في مصهور معدن يسمى «الكربوليت» وتتكون جزيئاته من ذرات من الألومنيوم والفلور وغيرها. وهذا هو مفتاح اكتشافات

« هول وهبرولت » ، أى وجود معدن يذيب الألومنيا بالتسخين الشديد . ويوجد الكربوليت بشكل قاطع فى غرب جرينلندة . حتى الفضلات المتجمدة تسام بشكل هام فى مدينيتنا الحديثة . وحالياً يستعمل الكربوليت للركب فى المعامل .

ويوضع المحلول الساخن فى إناء مبطن بالكربون تنفذ منه قضبان من الكربون . ويمر التيار الكهربائى فى المحلول بين القضبان وبين جدران الإناء الداخلية . ( ومع أن الكربون غير فاز إلا أنه يوصل الكهرباء ) . ويعمل القاع على شكل مصهور ( وحتى اليوم يعتبر تحضير الألومنيوم من أهم استعمالات الكهرباء فى الصناعة ) .

ولم تمض فترة قصيرة على اكتشاف هذه الطريقة حتى هبط سعر الألومنيوم إلى ٣٠ سنتاً للرطل أو أقل . وأصبح الألومنيوم رخيصاً ومتوفراً ، وازدادت استعمالاته المهمة .

### أهمية خفة الفلز :

لم يستعمل الإنسان المعادن فى صناعة الأسلحة والبناء إلا منذ ٦٠٠٠ عام ( وفى معظم أنحاء العالم فى أقل من هذه المدة ) . وقبل هذا استعمل الإنسان الحجارة لمئات الألوف من السنين .

وتتفوق المعادن على الحجارة فى عدة نواح : بعضها أقوى من الحجارة ، إذ يتحمل عمود من المعدن من الثقل أكثر مما يتحمل مثيله من الحجر ، وهو أصلب منه وأكثر مرونة . فأى ضربة مفاجئة قد تنثنى أو تلوى المعدن فى حين أن نفس هذه الضربة تحمّل الحجر إلى أجزاء صغيرة .

وللمادن أيضاً بعض الساوىء بالمقارنة بالحجارة : والوزن أحدها . فكثير من المادن أثقل من الحجارة ، وبالتالي يصعب العمل بها . فلو كانت الكتلة الضخمة من الحجارة التي بنيت بها الأهرام من الصلب ، لما تمكنت كل القوى العاملة في مصر من إقامتها حتى لو استعملت الآلات لتلك .

وأى مادة تجمع بين قوة المعدن وخفة الحجارة تصبح ذات قيمة كبيرة ، والألومنيوم يقرب من مثل هذه المادة . ذلك أن الألومنيوم يتساوى في ثقله مع الجرانيت أو الرخام ، ولكنه يبلغ حوالى  $\frac{1}{3}$  ثقل الحديد أو الصلب . وزن البوصة المكعبة من الحديد  $\frac{4}{3}$  أوقية . أما البوصة المكعبة من الألومنيوم (أو الحجر) فزن  $\frac{1}{3}$  أوقية . والألومنيوم أقوى من الحجارة ولكنه ليس في قوة الحديد . ويتحمل قضيب من الحديد أثقلاً أكثر من قضيب له نفس الحجم من الألومنيوم .

ويمكن تقوية الألومنيوم بإضافة كميات صغيرة من المادن الأخرى ، أو بمعنى آخر عمل سبائك منه . وعادة ما تكون للسبائك خصائص تختلف عن خصائص مكوناتها . وهناك مئات من السبائك المختلفة لكل منها خصائصها الذاتية وفوائدها . فلو أضفنا مثلاً أربعة أرطال من النحاس ونصف رطل من كل من المنجنيز والمغنسيوم إلى خمسة وتسعين رطلاً من الألومنيوم ، فسنحصل على سبيكة تسمى « ديورال » . والديورال بشكل عام أقوى من الألومنيوم النقي ، وإن لم يصل إلى قوة الحديد وسبائكه ، ولكنه يكفي لكثير من الأغراض .

وهناك كثير من الحالات التي تظهر فيها أهمية خفة المعدن بحيث تتناهى عن مناته . ومثال ذلك الطائرات ، فأنهم شيء أن تكون خفيفة الوزن . وهم تصنع

غالبًا من الألومنيوم . كذا يستعمل في القطارات وال عربات والسيارات حيث تكون الخفة أهم من الثانة .

وتظهر فائدة خفة الألومنيوم في نواح أخرى . فهو جيد التوصيل للكهرباء . وقد يفوقه بعض الفلزات في هذا المضمار إلا أنها أثقل ومرتفعة التكاليف . ويوصل سلك من النحاس الكهرباء أسرع من سلك من الألومنيوم بنفس الحجم . ولكن يزيد وزن سلك النحاس عن الألومنيوم بثلاث مرات . وإذا استعملنا سلكًا سميكا من الألومنيوم بنفس وزن سلك النحاس الرفيع ، فإنه يفوقه في توصيل الكهرباء . وعندئذ يصبح الألومنيوم أرخص أيضا . ولهذا السبب ورغم أن أسلاك الكهرباء في منازلنا مصنوعة من النحاس ، فإن خطوط توصيل الكهرباء بين المسافات البعيدة تصنع عادة من الألومنيوم .

وتثبت إحدى فوائد الألومنيوم التي تبهز النظر ، مقدرة على عكس الضوء ، فتكتف طبقات رقيقة منه على مرايا التلسكوب . والواقع أن هذه الطبقة من الألومنيوم هي التي تجعل منها مرآيا .

### أهمية النّاء كل السليم :

هناك ناحية أخرى يتفوق فيها الألومنيوم على الحديد ، فهو لا يصدأ ولا يتآكل . ويرجع هذا لسبب فريد ، فالألومنيوم عنصر أكثر نشاطا من الحديد . ويتفاعل مع الأكسجين بطريقة أسرع وأسهل . وكون الألومنيوم يتآكل بسهولة هو الذي يمنع استمرار تآكله .

فيتكون أكسيد الألومنيوم بإتحاد الألومنيوم بالأكسجين . ثم يلتصق بشدة بسطح فلز الألومنيوم . وما أن تتكون طبقة رقيقة من أكسيد الألومنيوم ( وهي

طبقة رقيقة لدرجة الشفافية التامة ) حتى تحمي الفلز من مزيد من التآكل . وأكسيد الفلز الموجود على سطح الفلز خامل ولا يتحد بعد ذلك بالأوكسجين ، وتحمي طبقة أكسيد الألومنيوم فلز الألومنيوم ذاته من الأوكسجين . وهكذا يظهر الألومنيوم لامعاً ولا يتأثر بالهواء والجو . ويمكن جعل طبقة أكسيد الألومنيوم دائمة إذا ما غمر الألومنيوم في محلول يمر به تيار كهربائي ، ويسمى الألومنيوم الذي عمل بهذه الطريقة « بالألومنيوم المصعد » .

ولهذا السبب يزيد استخدام الألومنيوم لعمل الجدران الخارجية والأبواب وإطارات النوافذ وصنابير المياه ... الخ . فهو لا يحتاج لدهان أو عناية خاصة . وإذا كان من قطعة واحدة ، فلن يتبعج مثل الخشب . والأشياء المصنوعة من المعدن تتحطم بالطبع أسهل من الحديد . لذلك فهناك مجالات لا يمكن للألومنيوم أن يحل محل الحديد فيها .

ولون مسحوق معظم الفلزات أسود ، يُبصر من النظر عن مظهر الفلز الأصلي ، ولكن مسحوق الألومنيوم يستثنى من هذه القاعدة . فمسحوقه مثل قطعة منه لامع وفضي . ويخلط مسحوق الألومنيوم بزيت بذرة الكتان لعمل « طلاء الألومنيوم » . وتطلى به السطوح التي يراد بها أن تعكس الضوء أو تشع الحرارة أو التي يراد حفظها من التآكل . والألومنيوم عاكس جيد للضوء وخصوصاً بعد صقله ، ولذا يستخدم في مرآيات التلسكوب التي تحتاج لا كبير قدر من الضوء المنعكس .

ويصلح الألومنيوم لصناعة الأدوات اللزنية ، وحالياً نستعمل جميعاً أواني الألومنيوم — الشيء الذي كان يهجز عنه نابليون الثالث . ويوصل الألومنيوم الحرارة جيداً ، وبذا يسخن الطعام إذا وضع على النار . وهو لا يتآكل ولا يتأثر

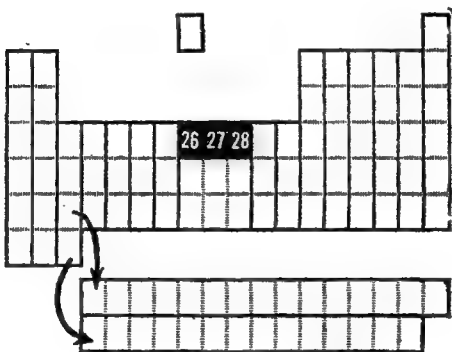


بالرصاص أو المواد الكيميائية الأخرى الموجودة في الطعام لأن طبقة أكسيد الألومنيوم تحميه . (وتحمي هذه الطبقة الطعام كذلك، فلا يختلط بالألومنيوم ويسمم الطعام بأي طريقة ، رغم بعض اللتاغب للنزلية بين الحين والآخر . ولا يسبب الحديد أو الألومنيوم أى نسمم بكميات صغيرة منها ) . ومن أفضال الألومنيوم أنه خفيف فلا يتقل على ربة البيت التى تروح وتجيء باوانها طول النهار ، وهكذا ترى لماذا يسمى الألومنيوم « عنصر اللطابخ » .

وهناك طريقة أخرى تقابل فيها الألومنيوم كل يوم ، ألا وهى الصحائف الرقيقة اللينة والمعروفة « بورق الف » . فهو مستخدم فى لف اللبان ، وعلب السجائر ، والزبد ، ومئات الأشياء الأخرى التى نشترىها من المخازن فى كل وقت . وقد بدأت ربات البيوت حديثاً فى استخدام هذا الورق الألومنيوم فى الطهر وحفظ الطعام مما جعله أكثر فأكثر عنصر اللطابخ .

# الفصل الحادى عشر

## الحديد العنصر القوتوى



### الصلاح المرى :

تعتبر الإلياذة أسطورة شعرية من أقدم الأدب الكلاسيكى ، ويقال إن يونانيا  
يسى « هوميروس » كتبها سنة ٨٠٠ ق.م. وهى تتناول حصار الجيش اليونانى  
لمدينة طروادة الذى دام عشر سنوات . وقد حدث هذا الحصار حوالى عام ١١٠ ق.م.  
فإذا قرأت هذا الشعر وجدت أن الحارين كانوا يلبسون أردية من البرونز ، ويحملون  
سيوفاً ودروعاً من البرونز ، ويستخدمون حراباً أطرافها من البرونز .

فبعد أن عرف الإنسان كيف يحصل على المعادن من مركبات في الأرض ( تسمى المركبات المحتوية على المعادن بالمواد الخام ) كان البرونز أول معدن وجد أن صلابته تصلح لعمل الدروع والأسلحة ، والبرونز هو سبيكة من النحاس والقصدير . وسميت الفترة التي استخدم فيها البرونز ( بالعصر البرونزي ) .

وقد عرف الحديد في نفس الوقت ، وهو العنصر رقم ٢٦ . ويرجع تاريخ الأشياء الحديدية التي وجدت في مقابر قدماء المصريين إلى ٣٥٠٠ سنة ق . م أو قبل هذا . ولكن حتى هذا الوقت لم يستخدم الحديد بكميات كبيرة . وقد كان في الواقع معدناً شبه قيم . ففي الإلياذة مثلاً ، منحت كتلة كبيرة من الحديد كجائزة للفائز في سباق رياضي . ولم تتمكن أى مجموعة من معرفة كيفية الحصول على كميات كبيرة من الحديد ( من خام الحديد ) إلا حوالي سنة ١٥٠٠ ق . م . وكانت كميات تكفي لعمل الأسلحة والدروع .

والخيون هم أول من نجحوا في هذا . وكانوا يعيشون في آسيا الصغرى في ذلك الوقت ( تركيا الحديثة ) . وعندما خرجوا ليحاربوا بهذا المعدن الجديد ، وجد أعداؤهم للنهبون أنفسهم ضحايا « لسلح صرى » ، فلم تصمد الدروع والرماح البرونزية أمام الدروع الحديدية . قد اشتهت وثقت السيوف والرماح ، ومن الناحية الأخرى اخترت السيوف الحديدية والرماح ذات الرؤوس الحديدية الدروع والأسلحة بسهولة . وهكذا ترى أن الحديد أصلب من البرونز .

ويازدياد معرفة للمعدن الجديد بدأت الجماعات ، الواحدة بعد الأخرى ، تهجر البرونز إلى الحديد ، ودخلت البشرية العصر الحديدي . وحوالي سنة ٦٠٠ ق . م . استخدمت الجيوش الآشورية القائمة الحديد وحده تقريباً .

ويعتبر الحديد حالياً أرخص أنواع المادن ، بل يبلغ ثمن بعض أنواعه سنتاً واحداً للرطل الواحد . وهو ثنى العناصر انتشاراً على القشرة الأرضية وتبلغ نسبته ٥٪ منها . وحقيقة أنه ليس منتشراً مثل الألمنيوم ، ولكن يسهل الحصول عليه من مركباته ، وهذا يخفض من ثمنه .

يزداد الحديد انتشاراً نظراً لطبقات الحديد التى تظهر كلما ازداد توغلنا فى باطن الأرض . ومن المحتمل أن مركز الأرض يتكون أساساً من حديد سائل . وإذا وضعنا فى الاعتبار تكوين كل الكرة الأرضية ، وليس فقط القشرة الخارجية ، نجد أن وزن الحديد يفوق فى كوكبنا وزن باقى العناصر الأخرى ، وقد يبلغ وزنه ٤٠٪ من وزن الكرة الأرضية .

وتلتقط الأرض أيضاً الحديد من القضاء الخارجى . وذلك لأن تكتلات لا عدد لها من الأجسام الصلبة تدور حول الشمس ( بعضها كبير كالجبال ، والآخر صغير كحب التراب ) . وتصطدم الملايين منها بالهواء الجوى كل يوم ، فتتحرق باحتسكا كما بالهواء وتتحرق الأجسام الكبيرة منها الهواء ، وتصطدم بسطح الأرض ، وهذه تسمى نيازك . وتتكون ٩٠٪ من النيازك التى وجدناها من الحديد ( والباقى ، وهى النيازك الحجرية مكونة من السيليكات ) ، وربما كانت كتلة الحديد للمنوحة كجائزة فى أسطورة الإلياذة ، عبارة عن نيزك .

والحديد هو أحد العناصر الأساسية فى الأنسجة الحية . ويكون الحديد جزءاً هاماً من الدم فى الكائنات الحية ( وفى الحيوانات الأخرى ذات الدم الأحمر ) . ويحمل مركب الهيموجلوبين — الذى يسلط للدم لونه الأحمر — الأكسجين من الرئتين إلى كل الأنسجة . ويحتوى كل جزيء من الهيموجلوبين على ٤ ذرات من الحديد ،

وهي التي تحمل الأكسجين ، ويبلغ مجموع الحديد في جسم الإنسان حوالي  
١/٥ أوقية .

والإنسان الذي يعاني نقصاً في الحديد يصاب بحالة تعرف « بالأنيميا » . ومن  
بين طرق علاج الأنيميا الناتجة من نقص الحديد ، تزويد المريض بمحبوب تحتوي  
على بعض مركبات الحديد البسيطة .

### الشوائب في الداخل والخارج :

يسمى « الميماتات » أم خامات الحديد . وهو معدن أحمر برتقالي ، هو في  
الواقع أكسيد الحديد . وتحتوي جزيئاته على ذرتين من الحديد وثلاث ذرات أكسجين  
( ويرجع إلى الميماتات لون الصخور الحمراء في أجزاء كثيرة من الأرض ، وربما  
يرجع إليه أيضاً لون للرغم الأحمر ) . وقد استخدمت أنواع من هذا الخام والمسمى  
بالتراب الحديدي الأحمر ، كألوان للرسم ، ويسمى « أحمر الصانع » إذا كان  
مسحوقاً دقيقاً ، ويستخدم في صقل الزجاج بالشكل المطلوب وخصوصاً في عدسات  
التلسكوب والمرايا . وهناك نوع آخر من أكسيد الحديد وهو « الماجنيتيت » الأسود .  
وتحتوي جزيئاته على ٣ ذرات حديد و ٤ ذرات أكسجين ، وغالباً ما تحتوي هذه  
الخامات على شوائب من السيليكات : ولاستخلاص فلز الحديد من هذه الخامات ،  
علينا أن نبحث عن طريقة لتتخلص من السيليكات . ولتخليص الحديد من ذرات  
الأكسجين للوجود في جزيئات أكسيد الحديد تبين أن من الممكن القيام بهذا  
العمل بمخلوط خام الحديد بفحم الكوك والحجر الجيري ( وستتحدث عن الحجر الجيري  
في الفصل الثالث عشر ) . فيوضع المخلوط في أفران عالية ، ويرد تيار من الهواء  
الساخن فيه مما يشعل فحم الكوك ( وهو كربون نقي ) . ( أنظر الفصل الخامس ) .

ولما كان الأكسجين الموجود في الهواء غير كاف لإحراق كل الفحم الكوك ، فبازدياد ارتفاع درجة حرارة الخلوط في الفرن إلى درجة الاحمرار نجد أن بعض ذرات الكربون في غم الكوك تتحد مع ذرات الأكسجين الموجودة في جزيئات أكسيد الحديد وتتبقى ذرات الحديد مستقلة . وهذا الحديد الذي على شكل معدن نجده يزهر وبرسب في قاع الفرن .

وفي نفس الوقت يتحد الحجر الجيري بالسيليكات ، ليكون خبثاً ينصهر بدوره ويطلق على سطح الحديد المصهور . وبين الحين والآخر يسحب الحديد المصهور وانخبط من الفرن ويضاف مزيد من خام الحديد وغم الكوك والحجر الجيري من أعلى الفرن . ولا يتوقف عمل الفرن إلا إذا احتاجت طبانة الفرن المصنوعة من الطوب الحراري إلى الإصلاح ، ( وهو يتكون من أكسيد الألومنيوم أو سيليكات الألومنيوم ذات درجة الانصهار المرتفعة ) .

ويسمى الحديد الذي نحصل عليه من هذه الأفران « بالحديد الزهر » ، وذلك لأنه يصب في قوالب حتى يتجمد فيها ( وتسمى عملية تجميد المعدن المصهور في قالبه « بالبيك » ) .

ويحتوي الحديد الزهر على كمية كبيرة من الشوائب أهمها الكربون الموجود في غم الكوك والذي يختلط بالحديد . وتختلف نسبة الكربون في الحديد الزهر من ٢ إلى ٤ ٪ . وكذا يوجد سيليكون ( حوالي ٢٥ ٪ ) ، ويوجد كذلك بعض الفوسفور والكبريت وقليل من المواد الأخرى

والحديد الزهر صلب وقاس . وهو أرخص أنواع الحديد ، ويستخدم للأغراض التي تتحمل ضغطاً ثابتاً مثل الأتقال ، ولكنه لا يتحمل الطرقات المفاجئة . والحديد الزهر هش وأى طريقة مفاجئة تقطعه .

وإذا سخن الحديد الزهر مع مزيد من خام الحديد وحجر الجير لا تستبد منه الشوائب ، نحصل على حديد تقى تقريباً ، وهو المعروف بالحديد للطاوع ، أنعم من الحديد الزهر ، ولكنه متين ( أى يتحمل الطرقات والصدمات المفاجئة دون أن يتكسر ) . ولم يصنع الحديد الزهر إلا بعد إنتاج فخ الكوك . وباستخدام فخ الكوك كوقود أصبح من الممكن الحصول على درجات حرارة عالية تكفى لصهر الحديد وخلطه بالكربون . وفى العصور الوسطى عندما استخدمت الأخشاب كوقود أنتجت الحرارة المنخفضة حديداً مطاوعاً فقط .

أما أفيد وأقوى أنواع الحديد فهو نوع وسط بين الحديد الزهر والحديد المطاوع ، أى أنه يحتوى على بعض الكربون ، ولكن ليس بنفس قدر الكربون للوجود فى الحديد الزهر . ويسى الحديد الذى يحتوى على ما بين ٠.١٥ - ٠.٥ ٪ من الكربون « بالصلب » .

وهناك عدة طرق لتحضير الصلب إحداها بتسخين الحديد الزهر فى أفران خاصة تسمى « محولات بسمر » ( وقد سميت باسم مخترعها البريطانى ) ، حيث يتم حرق الشوائب . ومن الأهمية بمكان تنظيم عملية التخلص من الكبريت والفوسفور . وبعد إتمام هذه العملية تضاف بعض الشوائب ثانية ( كربون وغالباً عناصر أخرى ) .

ويتفوق الصلب على الأنواع الأخرى من الحديد ، وذلك بأننا نستطيع جعله أكثر صلابة ومتانة بتهذيبه ، أى بتسخينه إلى درجة الإحمرار ، ثم غمره فى الماء البارد . وتتوقف الصفات الخاصة لقطعة من الصلب على طريقة تهذيبها ، وأيضاً على كمية الكربون التى تحتوى عليها . فإذا كانت كمية الكربون أقل من خمس الواحد بالمائة يعتبر الصلب صلباً طرياً وهو يشبه كثيراً الحديد المطاوع . ونظراً لقلة تكاليفه فقد حل محل الحديد المطاوع فى معظم استعمالاته . أما الصلب المعارى ، وهو الذى

يحتوى على ما بين ثمنس وثلاثة أخماس من الواحد بالمائة ، فهو أقوى ، ويمكن استخدامه كدعامات لقاطحات السحاب والكبارى . أما صلب الآلات الذى يحتوى ما بين ١ و ١.٥ ٪ من الكربون فهو أقواها .

وتتوقف كذلك صفات الصلب على أنواع المواد الأخرى المضافة وكمياتها . وهناك مئات من التركيبات المختلفة للعناصر فى الصلب . وفى الواقع تنقسم السبائك إلى مجموعتين : سبائك حديدوز وهى التى تحتوى على حديد ، وسبائك لاحتيدوز ، وهى لا تحتوى على حديد . وهكذا ترى أن الحديد هو العنصر الرئيسى .

وتنتج الولايات المتحدة ما يزيد عن مئات الملايين من أطنان الصلب كل عام . وتستخدم صناعة السيارات خمس هذه الكمية ، وتستنفد قضبان السكك الحديدية والمباني والآلات معظم الجزء الباقى .

ونظراً للكميات الكبيرة من الصلب التى تستخدم اليوم يقول بعض الناس إننا لسنا فى العصر الحديدي بل فى عصر الصلب . ولتأخذ المباني مثلاً على الطريقة التى طور بها الصلب حياة الإنسان — فلا يمكن رفع المباني المصنوعة من الخشب أو الطوب أو حتى الحجر أكثر من طوابق قليلة ، أما إذا بنيت مرتفعة جداً فإن الثقل العلوى يحمل الأساس ينهار . ولكن حالياً يبنى أولاً هيكل المباني من دعام وعواميد من الصلب وهى التى تتحمل ثقل البناء . والصلب من القوة بحيث يمكن بناء قاطحات السحاب ذات المائة طابق ، ويمكن استخدام الطوب الأحمر خارج هذا الهيكل الصلب حيث إنها لا تتسند الثقل الرئيسى . وقد أتمجت التية منذ الحرب العالمية الثانية إلى بناء جسد قاطحات السحاب من الألومنيوم أو الزجاج لتعطى للأبنية مظهراً مضيئاً وهوية أفضل .



والصلب ليس قوياً فحسب ولكنه مرناً أيضاً ، أى أنه يخضع للضغط ثم يعود لوضعه الطبيعي بزوال الضغط . وبهذه الطريقة تتحمل ناطحات السحاب قصف القنابل وهزات الزلازل التى تنهار تحتها الأبنية الأصغر المبنية بغير الصلب . ويرجع الفضل إلى الصلب فى إمكانية عمل الكبارى المعلقة والمشروعات الهندسية العظيمة التى قام بها الإنسان .

وباختصار لا يوجد أى بديل للصلب إذا كانت المتانة هى المطلب الرئيسى .

### الصدأ والمغناطيسية :

من المؤسف أن الحديد ، وهو أرخص أقوى المعادن ، تشوبه نواقص - وهذه هى الحقيقة . فحيه أخطر عيب ألا وهو آعاده بالأكسجين ، وهذا الاعتماد إما أن يكون سريعاً أو بطيئاً .

وإذا قسم إلى أجزاء صغيرة (وعادة يطلق عليه اسم برادة الحديد) وسخن تسخيناً شديداً فإنها تتحد بسرعة بالأكسجين وتنتج من الحرارة ما يكفى لإطلاق شرر أبيض ساخن من الحديد المتوهج . (وتصنع الصواريخ التى نراها فى أعياد يوم التحرير من برادة الحديد ملتصقة بسلك . وتكفى حرارة لمب القنابل لبدء إطلاق هذا الشرر . وما أن يبدأ حتى يستمر يصف حتى يتم اتحاد كل الحديد بالأكسجين).

أما العيب الخطير فهو اتحاد الحديد بيطء بالأكسجين فى وجود الرطوبة ، ويسمى هذا الاتحاد البطيء « بالصدأ » . فيتحد الحديد بالأكسجين والماء ليكون أكسيد الحديد السائى ، ويتكون جزيئه من ذرات من الحديد وذرات من الأكسجين وذرات من الهيدروجين ، وهو صدأ الحديد الذى نعرف مظهره جيداً .

وصدأ الحديد مع الأسف هو مادة هشة تتطاير من المدن . وهى لا تحمى

الحديد كما يحى أ أكسيد الألومنيوم معدن الألومنيوم . بل إنها باستمرار تطايرها تعرض الحديد الذى تحتها دائماً إلى الأكسجين والرطوبة التى فى الجو ، ويتطاير بدوره صدأ الحديد الجديد . وفى النهاية تصدأ قطعة الحديد كلها .

ولهذا السبب يطل الحديد ومعظم أشكال الصلب قبل استعمالها ، وتحمى طبقة الطلاء القاز من الأكسجين والرطوبة ، وربما لاحظت أن الصلب المستخدم فى البناء لونه دائماً أحمر برتقالى . وهذا لون الطلاء وليس الصدأ .

ومع أن تكاليف حماية حديد العالم من الصدأ ( بطلائه أو استبداله بحديد جديد ) تبلغ حوالى مليون دولار فى العام ، فإن أكسيد الحديد المكون للصدأ ليس شيئاً ضاراً باستمرار . ومثال ذلك ، يكون أكسيد الحديد عندما يخلط ببرادة الألومنيوم مادة ( الترميت ) - فنندما يتم تسخين الخواط ، يتفاعل الألومنيوم مع أكسيد الحديد ، ويستمر التفاعل ، وتنطلق حرارة شديدة من التفاعل تبلغ حوالى ٣٠٠٠ درجة مئوية . ويستخدم الترميت هذا فى لحام المادن ( كالهضبان المصنوعة من الصلب مثلاً ) دون استعمال مواد . وأثناء تفاعل الترميت تلتصق خزات الألومنيوم بنرات الأكسجين من أكسيد الحديد تاركة وراءها عادة قطعة من معدن الحديد النقى . ومن الخصائص المميزة لهذه المادة مقدرتها على أن تنجذب إلى المغناطيس ومقدرتها على أن تتحول إلى مغناطيس . وللمغناطيس هو نوع من الطاقة التى توجد دائماً مع الكهرباء ( التى هى نوع آخر من الطاقة ) . ويصل أى سلك يمر فيه تيار كهربائى كمغناطيس ، أى أنه يجذب أجزاء صغيرة من الحديد ( أما لماذا يجذب الحديد أكثر من غيره للمغناطيس فلا يزال سرّاً غامضاً ) .

وإذا تبنى السلك المار به التيار على شكل ملف ، فإن مغناطيسية كل ائمة تقوى اللغات المجاورة ، وتصبح مغناطيسية السلك الملفوف أقوى من مغناطيسية نفس السلك

عند فرده . وإذا لف السلك حول قضيب حديدى فإن الحديد يركز المغناطيسية بطريقة ما ، وينتج لدينا مغناطيس كهربائى قوى .

وتصبح المغناطيسية أقوى عند الطرفين أو « القطبين » . وتجذب بشدة قطع الحديد أو الصلب نحو هذين الطرفين . ويمكن لمغناطيس كهربائى كبير - بإسراع تيار كهربائى فى ملفه - أن يرفع أطناناً من الحديد والصلب . وعندما نريد أن نحمل عربات الشحن بقطع الحديد والصلب ، فإننا نعمل هذا بواسطة مغناطيس كهربائى معلق فى ونش فنخفض للمغناطيس حتى يصل إلى الأكوام ، ثم نمرر تياراً كهربائياً فنرفع بضع أطنان منها ، ثم نحرك الحبل فوق عربة الشحن ، ثم نوقف التيار الكهربائى فيتوقف المغناطيس عن العمل ، ونقع قطع الحديد والصلب فى عربة الشحن .

وتتأثر معظم المواد بالمغناطيسية بطريقة أو أخرى ، ولكن تأثيرها عادة ضعيف . ويبدو كأن ذرات هذه المواد تعمل كأنها مغناطيسات دقيقة . فى الظروف الطبيعية تتجه هذه المغناطيسات الذرية كما يحلو لها . ويلقى الواحد منها قوى الأخرى ، وتنظم الذرات ( وذرات الحديد أكثر من غيرها ) فى نفس الاتجاه فى وجود تيار كهربائى ، ويتكون مغناطيس كهربائى وتتجمع كل المغناطيسات الذرية فى مغناطيس كبير ويوقف التيار الكهربائى - فتنحصر المغناطيسات الذرية عن بعضها ، وتتجه فى كل اتجاه . وهكذا يحمل الحديد مغناطيساً مؤقتاً .

ومختلف سلوك معظم أنواع الصلب - ومن الواضح أن الذرات لا يمكنها التحرك بسهولة فى الصلب كما هو الحال فى الحديد . فما أن تنتظم بطريقة صحيحة حتى تبقى بهذا الشكل حتى بعد وقف التيار الكهربائى . فالصلب يكون « مغناطيساً دائماً » . وللمغناطيس على شكل حدوة حصان ، الذى يلعب به الأطفال ، يصنع من الصلب . وكثير من العناصر ضعيفة التماسك ، ويقال إنها « قابلة للانجذاب للمغناطيس » . وقوة مغناطيسية الحديد ( وبعض الفلزات الأخرى ) قوة رهبة ومؤثرة . ويقال عن الحديد إنه « حديد مغناطيسى » .

وخام الحديد للمسمى ماجنيتيت «أو حجر المغناطيس» هو مادة مغناطيسية طبيعية . وأول ما لوحظ أن هذا الحجر الأسود يجذب الأشياء الحديدية، كان في أحد أنحاء اليونان القديمة والمسمى «ماجيزيا» . وهذا يفسر تسمية الماجنيتيت والمغناطيسية . وقد بهر حجر المغناطيس اليونانيين القدماء فقالوا عنه الكثير من القصص للبالغ فيها . وتوجد في كتاب ألف ليلة وليلة قصة طويلة جداً عن جبل من أحجار للمغناطيس من القوة بحيث يجب على السفن أن تعتمد عنه ، وإلا نزلت ماسميرها وجذبت نحو الجبل تاركة السفينة كتلة من عروق الخشب المنكسرة .

وكوكبنا كله هو نوع من المغناطيس تتأثر به «البوصلة» ، وهي جهاز تسجيل هذه الحقيقة . وتحتوى البوصلة على إبرة ممغنطة من الصلب قادرة على الحركة الحرة . وهي تشير إلى قطبي المغناطيس في الأرض ، وتقف دائماً في اتجاه معين (وهو في معظم أسطح الأرض متقارب مع الشمال والجنوب) .

### الأرواح والشياطين :

هناك عنصران شديدا الشبه بالحديد ، ويدلوانهما ضايقا كثيراً عمال الناجم الألمان في الأزمان القديمة . فعندما صادف عمال الناجم الخامات المخوية على هذه العناصر ، وقفوا في مأزق ، فقد كانت الخامات ضعيفة ، وعند معالجتها بالطرق المعتادة لم تنتج المعادن المروقة مثل الحديد والقضبان والنحاس .

وقيل إن بعض عمال الناجم قرروا أن الأرواح الساكنة في الأرض قد سحرت هذه الخامات . ولما كان الإسم الألماني للأرواح التي تسكن الأرض هو «كوبولد» فقد وصل إلينا باسم «كوبلت» ، وهو العنصر رقم ٢٧ . أما الخامات الأخرى فقد أسماها عمال الناجم «كوبلر نيكسل» ، ويعنى «نحاس الشيطان» ، ثم اختصر إلى «نيكل» .

وهو العنصر رقم ٢٨ . وأول من فصل الكوبلت هو «جورج برانت» سنة ١٧٣٥ (وهو نيس « براند » الذى اكتشف الفوسفور) . واكتشف « إكسل فردريك كرونستد » النيكل سنة ١٧٥١ .

والحديد نفسه قام ببعض الألاعيب أيضاً . فيحتوى جزئياً معدن الحديد « بيريت » على ذرة من الحديد وذرتين من الكبريت . ويكون بلورات لامعة صفراء خدعت الكثيرين من الباحثين الموهبة وأطلق عليه الإسم الساخر « ذهب النفل » .

ويوجد كل من النيكل والكوبلت مع الحديد . والنيكل أكثر الإثنين انتشاراً ، فالنيكل يبلغ ٣٪ من وزن الأرض ، أما الكوبلت فهو ربع الواحد بالمائة ، ومعظمه فى مركز الكرة الأرضية (وتتكون من ٩٠٪ من الحديد و ١٠٪ من النيكل ، ويطلق عليه عادة « الحديد - النيكل » ) وهما أقل انتشاراً على القشرة الأرضية .

وكل من الكوبلت والنيكل أثقل من الحديد بمقدار ١٠٪ وأصلده . ولو كانا منتشرين كالحديد ، فلربما كانا أكثر فائدة حيث أنهما يصدها ان يبطء ، على عكس الحديد .

والواقع أن النيكل يحصى للمادن من الصدا — ففهر قطعة من معدن ( عادة الحديد أو النحاس ) فى محلول يحتوى على مركب النيكل . فإذا مر تيار من الكهرباء فى الغلروف الصحيحة فى المحلول ، تفصل ذرات النيكل من المحلول وتلتصق بقطعة الحديد أو النحاس . ونجد بعد فترة أن الحديد أو النحاس قد غطى

بطيقة رفيعة صلبة من طلاء النيكل . ولانيكل مظهر جميل لامع ، ويحمى المعدن الذى تحته من الصدأ . وتسمى هذه العملية « الطلاء بالكهرباء » .

وينجذب كل من الكوبلت والنيكل إلى المغناطيس بقوة أقل من الحديد ولكن أقوى من العناصر الأخرى . وإذا مزج النيكل أو الكوبلت مع الحديد بنسب معينة فالمسيكة الناتجة تعمل مغناطيساً أقوى من الحديد بمفرده . « والبرمالوى » مثلاً ( وثلاثه نيكل وثلاثة حديد ) يعمل مغناطيساً قوياً دائماً أقوى من المغناطيس الصلب العادى . أما المغناطيس الدائم الأقوى من السابق فيصنع من « الألينيكو » ، وهو مزيج من كل من النيكل والكوبلت ، بالإضافة إلى الألومنيوم أيضاً ويخلط مع الصلب . وتتركز الأمواج الحديثة على حبيبات دقيقة من الحديد مطورة في البلاستيك بدلاً من الكتل الكبيرة من المعدن . فبالإضافة إلى أنه أقوى المغناطيسات فإن مسحوق المغناطيسات يمكن تشكيله بسهولة ولحمه لأن البلاستيك الذى يحوى الحبيبات طرى جداً .

وصلب النيكل يحتوى على  $\frac{3}{4}$  نيكل ، وهو قاس ، ويستخدم بكيات كبيرة . ومعظم النيكل المستخرج يدخل فى الصلب . « والإنتار »<sup>(١)</sup> وهو أحد أشكال صلب النيكل الثرىبة ، يبلغ  $\frac{9}{10}$  وزنه من الحديد و  $\frac{1}{10}$  من النيكل . والمعادن تتمدد قليلاً بارتفاع الحرارة وتنقلص بانخفاضها . ولكن « الإنتار » يختلف فى هذا الصدد فهو يتمدد أو يتقلص بمقدار  $\frac{1}{10}$  ما يفعله الصلب . وهذا يجعله ذا فائدة خاصة للأجسام التى يفترض أن تحتفظ ببات حجمها . مثال ذلك أشرطة المقاييس وبندول الساعة . والكوبلت أصلب من النيكل ( وهذا أصلب من الصلب ) . وتعتبر

سبائك الكوبلت من بين أصلب السبائك المعروفة . وتبقى صلبة حتى في درجات الحرارة العالية ، ولذا تستخدم في صناعة آلات القطع المعدنية ، ولا تفسد الحرارة الناجمة عن الاحتكاك الآلات القاطعة كما تفعل معظم أنواع الصلب .

وقد تذكر من الفصل الثاني أن الإيدروجين يجمد وقوى الزيوت النباتية ويحولها إلى دهون نافعة . فلنتم مجرد خلط الإيدروجين بالزيت فسيحتاج التحويل إلى وقت طويل . أما إذا أضيفت مساحق معادن معينة إلى الخلوط لثمت العملية بمنتهى السرعة ، ويعمل هذا المسحوق المعدني بإسراعه لهذه العملية « كامل مساعد » . وأرخص العوامل المساعدة التي تفي بهذا الغرض المستعمل في الصناعة ، هو النيكل المسحوق .

وبعض مركبات الكوبلت لها فوائد رومانية . فهي زرقاء عندما تكون جافة ، ولكن يعرضها للرطوبة تجذب جزيئاتها لجزئيات الماء إليها ويتحول اللون إلى « القزقي » الباهت . وإذا أضيفت مركبات الكوبلت في الماء يتكون محلول قرعقي باهت . ويمكن استخدام هذا المحلول كنوع من الجبر السحري حيث أن الآثار القرعقية الباهتة تنمر زويتها حتى بعد تبخر الماء . وإذا سخنت الورقة بلطف فإن جزيئات الماء لللتصقة بمركب الكوبلت تتجبر ويتحول الجبر السحري إلى لون أزرق داكن ويصبح واضحاً تماماً .

وهناك استعمال هام لهذه الظاهرة : قد تذكر السيليكا الحلامية ، وهي تستخدم كجفف . والسيليكا الحلامية مادة زجاجية عديمة اللون . والمشكلة هي أنك لا تعرف ما إذا كانت استنفدت أم لا بمجرد النظر إليها . فقد تكون قد امتصت كل الماء الذي يمكنها امتصاصه ، وأصبحت غير قادرة على تجفيف الهواء المار بها ، ولكن

لا يمكنك الجزم بهذا . وإذا تضاف مركبات الكوبلت إليها . فإذا كانت السيليكا الهلامية جافة يصبح لونها أزرق نتيجة لوجود مركب الكوبلت . وباستمرار عملها وامتصاص المزيد من الماء يتحول لونها تدريجياً إلى القرمزي ، لأن مركب الكوبلت يتحد بالماء ويحول إلى القرمزي . وبهذه الطريقة يمكن عمل نوع من الكشف الرطب لمعركة متى تستبدل السيليكا الهلامية .

وهذا يفسر عمل مخطف الأشياء الحديثة التي تتنبأ بالأحوال والجو السيء ، وذلك بتحويل بعض الأشياء من القرمزي إلى الأزرق . فوجود كميات كبيرة من البخار في الجو يحول مركب الكوبلت إلى القرمزي — وهذا يعني عادة أنه من المحتمل أن عطر الجو .

وهناك فرص أخرى للكوبلت . فإضافة مركبات الكوبلت إلى الزجاج أو الطين الحراري تضيئ عليه لوناً أزرق داكناً جميلاً . ويسمى الناتج « زجاج الكوبلت » .

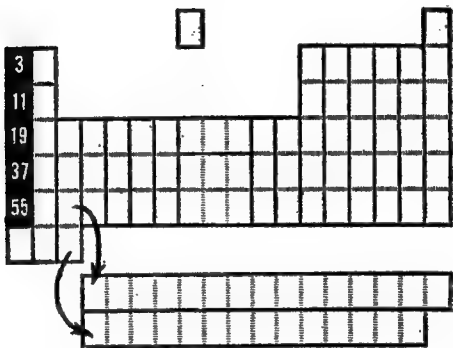
وقد وجد في السنوات الأخيرة أن فيتامين ب ١٢ يحتوي على مادة ضرورية للحياة بكميات صغيرة ، وهي تحتوي على ذرة من الكوبلت في الجزيء ، ولهذا السبب يسمى فيتامين ب ١٢ وللمركبات المشابهة « الكوبلامين » أو « أمينات الكوبلت » . وعلى ذلك فالكوبلت من العناصر النادرة الأساسية في الأنسجة الحية ، وقصد بالنادرة أنها موجودة بكميات صغيرة جداً .





## الفصل الثاني عشر

الضوء يوم واليوم  
العصران: النشاطان



الطلاء بالكهرباء :

شك الكيميائيون سنة ١٨٠٠ في وجود عناصر «كالصوديوم» وهو عنصر رقم ١١، و«البوتاسيوم» عنصر رقم ١٩. ولكن كان من الصعب إخراجهما إلى حيز الوجود حيث يمكن رؤيتهما .

وفي الواقع يعتبر الصوديوم والبوتاسيوم من العناصر المنتشرة جداً . فالصوديوم يبلغ أكثر قليلاً من ٢٤٪ من القشرة الأرضية ، والبوتاسيوم أقل

قليلاً من  $\frac{1}{24}$ . وقد سبق أن ذكرت في هذا الكتاب أن بعض المواد المعروفة تحتوي على ذرات صوديوم وبوتاسيوم .

فلح الطعام العادي مثلاً هو «كلوريد الصوديوم» ويحتوى جزيئه على ذرة من كل من الصوديوم والكلور . ويمكن تحضير كلوريد الصوديوم بتفاعل حامض الأيدروكلوريد بالقاعدة وهى إيدروكسيد الصوديوم ( وسأشرح فيما بعد معنى كلمة قاعدة )، ولهذا السبب فكل المركبات التى تنتج من تفاعل حامض وقاعدة تتجمع تحت اسم أملاح .

وتتجمع الذرات التى فى الأملاح بطريقة منتظمة بواسطة قوى كهربائية قوية ، ويصعب إبعاد الذرات عن بعضها . ولذا فهى تحتاج لكميات من الحرارة لصهر معظم الأملاح . أما الماء فينصهر كما نعلم عند درجة الصفر المئوية ، بينما ينصهر كلوريد الصوديوم عند ٨٠١ درجة مئوية . ويظهر ترتيب الذرات المنتظم فى الملح (وفى مواد أخرى أيضاً) فى الشكل الهندسى لحالته الصلبة والتى لها حواف مستقيمة وزوايا حادة . ويسمى مثل هذا الشكل المنتظم «بالبلورات» . وبلورات كلوريد الصوديوم ذات شكل مكعب .

والنيتير ، أو ملح البارود شلى ، ماهو إلا نترات الصوديوم ، ويحتوى جزيئه على ذرة من الصوديوم ، وذرة من النيتروجين ، وثلاث ذرات من الأكسجين . أما الزنجاج العادي فهو أساساً سيليكات الصوديوم وجزيئه معقد نوعاً يحتوى على ذرات صوديوم وسيليكون وأكسجين .

ويوجد البوتاسيوم فى ملح البارود العادي وهو نترات البوتاسيوم ( ذرة من البوتاسيوم ، وذرة نيتروجين ، وثلاث ذرات أكسجين )، ويوجد أيضاً فى الفلسبار

والليسا . وتستعمل نترات البوتاسيوم في صناعة البارود ولا يمكن استعمال نترات الصوديوم لأنها تمتص الماء في الأيام الرطبة ، وهو الشيء الذي يتلف البارود حيث أن البارود الرطب لا يتفجر . وتتكون نترات البوتاسيوم التي لا تمتص الماء بسهولة في فضلات الحيوانات للتخلية . وقبل عصر الكيمياء الحديثة كانت الحكومة تقش الإسطبلات والخطائر بانتظام باحثة عن البلورات القيمة التي تجمل جنودها يستمرون في ضرب النار .

وتوجد كل من مركبات الصوديوم والبوتاسيوم بكيات وفرة في ماء البحر ، وفي الأنسجة الحية أيضاً . وكلاهما أساس للمياه . فنجد أن ٣٥ ر. / من جسم الإنسان بوتاسيوم و ١٥ ر. / صوديوم .

وبالطبع يتكون الجزء الأكبر من المواد الذائبة في ماء البحر من كلوريد الصوديوم ( ويمكنك أن تخمن هذا إذا ذقت مياه المحيط أثناء السباحة فيه ) . وكلوريد الصوديوم يكون ٣ / من محيطات العالم . وتزداد الكمية في البحار المغلقة ، فتبلغ نسبة كلوريد الصوديوم ٢٠ / في البحر الميت الذي يفصل فلسطين عن الأردن . وتوجد مناجم ملح شاسعة في أماكن عديدة جفت فيها خليجان الماء تماماً ، تاركة وراءها للتحمل بالصخور والتراب . وتبلغ كثافة طبقة الملح أحياناً ما يزيد على نصف ميل . ونظراً لأهمية الملح في الطعام ، وفي آلاف من الأغراض الأخرى في الصناعة ، تتضح أهمية هذه المناجم ( وقد كانت الحكومة الروسية في الأزمنة القديمة ترسل للسجنين السياسيين إلى مناجم الملح في سيبيريا ، ولازلنا حتى الآن نستعمل تعبير « المودة إلى مناجم الملح » لنعني المودة إلى عمل مرهق أو كرهه ) .

ورغم انتشار مركبات الصوديوم والبوتاسيوم ، فإن الصمب المحصول على

العنصرين قسميهما لأنهما على درجة من النشاط تجعلهما يرتبطان بشدة بالذرات الأخرى في المركبات ، ومن الصعب فصلهما .

وقد اكتشف الكيميائي البريطاني « دافى » في سنة ١٨٠٧ فقط طريقة لفصلها عن بعضها ، وذلك بصهر مركب مناسب من الصوديوم أو البوتاسيوم ثم إمرار تيار كهربائى خلال هذا السائل الساخن . وتحت تأثير التيار الكهربائى تتجه ذرة الصوديوم أو البوتاسيوم إلى أحد أطراف الجهاز ، بينما تتجه الذرة الثانية أو الذرات للوجود في المركب إلى الطرف الآخر .

وأمكن بهذه الطريقة فصل الصوديوم والبوتاسيوم من مركباتهما ، وتحولا إلى معادن ليينة ، يمكن قطعها بسكين ثالم . وينصهر كل منهما في درجة حرارة منخفضة هي في الواقع أقل من درجة غليان الماء . وينصهر الصوديوم عند ٩٤ درجة مئوية والبوتاسيوم عند ٦٣ درجة .

والأحاض في منتهى النشاط . والبوتاسيوم أكثر من الصوديوم في هذا الصلار . فما أن يفصلا على شكل عنصر ، حتى يعيلا للعودة على شكل مركب . فإذا ماترضت قطعة من الصوديوم أو البوتاسيوم للهواء فإنها تتحد في الحال بالأوكسجين . وليس للمركب الجديد لمعان معدنى - إذ يخفى لمعان الفلز في الحال بمجرد تعرضه للجو ، ويتحد البوتاسيوم بالأوكسجين بقوة كبيرة ، حتى إن قطعة صغيرة منها تولد من الحرارة ما يكفي لصهرها ، ثم يتطلق لهيباً .

ولهذا السبب فإذا أردت أن تحتفظ بالصوديوم أو البوتاسيوم بصورة دائمة تقريباً ، فيجب الاحتفاظ به تحت الكيروسين .

وقد تتعجب كيف لا يمكن حفظ الصوديوم أو البوتاسيوم تحت الماء بنفس

الطريقة . وستكون إيجابتي : باللهول ، لا . إن الصوديوم والبوتاسيوم شديدا الشرة للاتحاد بالأ كسيجين ، لدرجة أنهما يفصلان جزئ الماء بعيداً عن بعضه للحصول على الأكسيجين الذي فيه ، وينتج عن هذا انفصال ذرة إيدروجين من جزئ الماء .

وهذا ، معنى أنه إذا أسقطت قطعة صغيرة من الصوديوم أو البوتاسيوم في الماء يسمع أزيز محوم عندما يتصاعد الإيدروجين حولها ، ويندفع الصوديوم أو البوتاسيوم بقوة في كل مكان ، وهو يدور وينعصر ، وغالباً ما تكون حرارة التفاعل كافية لإشعال الإيدروجين .

ويجب على الطلبة في معامل الكيمياء العضوية بالكليات حيث يستخدم الصوديوم دائماً أن يكونوا حذرين ومحتاطين لبدء حريق الصوديوم . وتكن خطورة مثل هذه النيران في أنه يصعب إطفائها ، وأول ما يتبادر إلى الفهن هو صب الماء فوقها ، ولكن هذا بالطبع لا يزيد الطين إلا بلة .

ويستخدم الصوديوم في المعامل عندما يراد التخلص من كميات صغيرة من الماء . وتتم بعض التفاعلات الكيميائية في الأثير الذي لا يوجد فيه ماء ، وأى أثر الماء قد يتلف التفاعل . ومع ذلك فالأثير المادى عند إخراجه من الإناء ، يجده محتوى على كمية من الماء مذابة فيه .

ولإزالة الماء من الأثير نضع قطعة من الصوديوم في أسطوانة مجوفة بها فتحة في القاع ، ثم ندخل مكبساً في الأسطوانة وندفعه برافعة ، فيخرج الصوديوم اللين من الفتحة التي بالقاع ، كما يخرج معجون الأسنان من أسطوانته ، ويخرج في دورق الأثير ، ثم يمسد الدورق بسدادة وترك الصوديوم ليتفاعل . وهو لا يتفاعل مع الأثير بل يتحد بكل الماء الموجود ، وتظهر فقائيع من الإيدروجين ، وعندما تتوقف الفقائيع تدرك أن الماء كله قد اختفى . وعندئذ يمكن صب الأثير واستعماله

ويستخدم الصوديوم أيضاً في مصابيح بخا الصوديوم . وهنا يضاف قليل من الصوديوم إلى الثيون في المصابيح . ويأمرار التيار الكهربائي خلال الثيون يتبخر الصوديوم ويشع منه وهج أصفر قوى يمكن رؤيته على بعد كبير خلال الضباب بشكل أوضح من مصابيح الإضاءة العادية .

### عكس الحامض :

ومعظم مركبات الصوديوم معروفة ومفيدة . وأحدها ، وهو هام ولكنه ليس معروفاً ويسمى « فوق أكسيد الصوديوم » ، يتكون عندما يحترق الصوديوم ويحتوى جزيئه على ذرتين من الصوديوم وذرتين من الأكسجين . وهو مثل الأوزون وفوق أكسيد الإيدروجين ، يستخدم لتبيض مواد مختلفة . وفوق هذا ، هناك استعمال آخر على جانب كبير من الأهمية ، فيتحد بالكربون وبذرة من الأكسجين مكوناً ثاني أكسيد الكربون ، وبذا يسمح لقذرة الأكسجين الثانية أن تخرج . وإذا مر هواء الزفير في إناء به فوق أكسيد الصوديوم فإن ثاني أكسيد الكربون الذى به يستبدل بالأكسجين ، وبذا ينقى الهواء ويتجدد . ويصبح فوق أكسيد الصوديوم في متناول اليد فى الأماكن المنقطة التى لا يتجدد فيها الهواء كما هو الحال فى التواصات .

وعندما يحترق الصوديوم الإيدروجين من جزيء الماء فإنه يتحد مع الأكسجين وذرة الإيدروجين الثانية . والنتيجة هو « إيدروكسيد الصوديوم » ويتكون جزيئه من ذرة من كل من الصوديوم والأكسجين والإيدروجين .

ويتسمى إيدروكسيد الصوديوم ، كما ذكرت منذ قليل ، إلى مجموعة من المواد يطلق عليها اسم « قواعد » . فبينما يحتفظ جزيء الحامض بذرات الإيدروجين

بشكل سائب ويتركها بسهولة ، نجد أن جزيئات القاعدة تنتزع ذرات الإيدروجين . وهكذا نجد أن خواص القواعد على عكس خواص الحوامض : فإذا أضيفت قاعدة إلى حامض فإنهما يتبادلان - ويكون المحلول الناتج أضعف بكثير من خواص كل منهما على حدة . ومن المفيد أن تتمكن من معادلة الأحماض ، ولكن إيدروكسيد الصوديوم من القوة بحيث تصعب معادلته .

وإيدروكسيد الصوديوم هو أرخص وأهم القواعد القوية وله فائدة صناعية كبرى . ويمكن الحصول عليه بإمرار تيار كهربائي في محلول مائي لكلوريد الصوديوم ، فتدفع ذرات الكلور إلى أحد الطرفين ثم تتصاعد . ولكن ذرات الصوديوم من الناحية الأخرى لا تتحرر بل تتفاعل مع الماء لتكون إيدروكسيد الصوديوم تاركة الإيدروجين . فالإيدروجين هو الذي يتصاعد أولاً تاركاً وراءه إيدروكسيد الصوديوم في المحلول .

ويقتد إيدروكسيد الصوديوم جزيئات الدهون والزيوت إلى « جلسرين » و « أحماض دهنية » . وتتحد ذرات الصوديوم بالأحماض الدهنية لتكون « الصابون » . ويعتبر الصابون في زمن السلم أهم نتاج هذه العملية . وإذا دقت الحرب يصبح الجلسرين هو الأهم لأننا نصنع منه للفرقعات . وقد طلب من الجماهير في الحرب العالمية الثانية أن يوفروا دهون اللحوم ويعيدوها للجزائريين لجمعها من أجل الجلسرين .

ومقدرة إيدروكسيد الصوديوم على فصل الجزيئات الدهنية لها فائدة من ناحية أخرى . فإذا صب إيدروكسيد الصوديوم في بلاعات المياه المسدودة بالمواد الدهنية للتصلبة ، فهو يذيب الدهن أو على الأقل يفتته مما يسمح للمياه بأن تجري فيها ثانية . ويطلق على إيدروكسيد الصوديوم المستخدم في هذا الغرض إسمه القديم



« ماء القلي » ، وأحياناً يطلق عليه اسم « الصودا الكاوية » . وكلمة كاوية يقصد بها تأثيرها على الجلد .

وتستخدم كميات كبيرة من إيدروكسيد الصوديوم في تحويل لب الخشب إلى الأنسجة الصناعية أو الورق . فإذا عولجت ألياف القطن بإيدروكسيد الصوديوم ، تصبح أشبه بالحرير وأقوى وأسهل في الصبغة . وأول من اكتشف هذه الطريقة رجل إنجليزي يدعى (جون ميرسر) سنة ١٨٥٠ . ويطلق على القطن الذي عولج بهذه الطريقة « القطن المرسد » .

وتعتبر كربونات الصوديوم قاعدة ضعيفة ويحتوي جزيئها على ذرتين من الصوديوم وذرة من الكربون وثلاث ذرات من الأكسجين . وتفاعل مع الأحماض ، فتفكك ذرات الكربون والأكسجين وتتصاعد على شكل ثنائي أكسيد الكربون . ويطلق على كربونات الصوديوم اسم عام مبسط وهو الصودا ، وهو الاسم الذي أطلق على كربونات الصوديوم قبل أن يعرف الناس الذرات المكونة لها ، أوحى وجود الذرات ذاتها ، وقد اشتق اسم عنصر الصوديوم من « الصودا » لأنها تحتوي عليه .

وتتبادل يسكربونات الصوديوم مع الأحماض الموجودة دائماً في المدة ، ويأخذ ثنائي أكسيد الكربون الناتج طريقه خارج المدة ، وعادة ما يحمل معه غازات أخرى ، وهذا يخفف الضغط الذي يسبب الألم .

وتستخدم بيكربونات الصوديوم أيضاً في الخبز . فبإعادهها ببعض الأحماض الضعيفة ( اللان الرايب مثلاً ) الموجودة في الزبد تنتج ثنائي أكسيد الكربون ، الذي يرفع الزبد والمجين ويجعلها خفيفة وإسفنجية ( كما رأينا في الفصل الخامس ) . ولهذا السبب يطلق عليها اسم عام وهو « صودا الخبز » . وعادة ما تحتوي البيسكنج بودر أو مسحوق الخبز على بعض منها .

أما كبريتات الصوديوم فيحتوى الجزء منها على ذرة صوديوم وذرة كبرت وأربع ذرات أكسجين بالإضافة إلى ١٠ جزيئات ماء - وأول من قام بدراستها هو الكيميائى الألمانى « جون رودولف جلور » سنة ١٨٥٨ ، ولذلك تسمى عادة باسم « ملح جلور » . ويزابة هذا الملح فى الماء تنخفض درجة حرارة الماء بشكل ملحوظ - بينما ترتفع درجة حرارة الماء عادة بإضافة بعض المواد الكيميائية . فمثلاً حامض الكبريتيك أو ييدروكسيد الصوديوم إذا أذينا فى الماء بسرعة وبكميات كبيرة يرفعان حرارة الماء إلى درجة التليان . وهذا ما يتوقعه الكيميائيون عادة . أما أن يتحول للماء إلى ثلج ، فهذا ما يدعو إلى الدهشة .

وتشابه تفاعلات مركبات البوتاسيوم مع مركبات الصوديوم وإن كانت أندر . فأولاً يقل وجود البوتاسيوم فى التربة عن الصوديوم . وبعض البوتاسيوم يوجد على شكل يصعب الحصول عليه .

وأحسن مصدر لمركبات البوتاسيوم التى يسهل الحصول عليها هو من رواسب « ستاسفورت » بألمانيا التى يبدو أنها نتجت من تجفيف خليج بحر ، وتحتوى على كميات وافرة من مركبات البوتاسيوم المختلفة .

وأملح البوتاسيوم أكثر ذوباناً من كلوريد الصوديوم . وقد جف البحر القديم ببطء بطريقة جمات كلوريد الصوديوم يترسب أولاً ، فى حينبقى من الماء ما يكفى لاحتفاظه بأملاح البوتاسيوم ذائبة . أما مركبات البوتاسيوم فلم تظهر من الماء للبحر إلا فى النهاية ، ولذلك انتشرت على سطح الرواسب التى سبقها . وبذا أصبح من السهل الحصول عليها وبشكل نقي نوعاً . ومن هذه الرواسب نستخرج ما يزيد على ثلث إنتاج العالم من البوتاسيوم .

وكانت الكيمياء الألمانية قبل الحرب العالمية الثانية على الأكر تقدمًا في العالم كله، ودأب الكيميائيون الألمان على استعمال مركبات البوتاسيوم لغرض أو آخر إذ كانت رخيصة جدًا في ألمانيا . ومن المسلم به أن مركبات البوتاسيوم كانت رخيصة أيضاً في أماكن أخرى . ولقد قلد الكيميائيون في البلدان الأخرى - مثل بريطانيا العظمى والولايات المتحدة - الألمان بطريقة عمياء فاستعملوا مركبات البوتاسيوم في الوقت الذي كانت فيه مركبات الصوديوم أرخص بكثير وتقوم عادة بنفس العمل ( وليس دائماً ) ، وهذا يكشف أن العلماء أيضاً لم يعبوهم البشرية .

ويحتاج النبات أيضاً إلى البوتاسيوم ، وهناك خطر ينجم عن قس البوتاسيوم في التربة مما يفقدها خصوبتها ، فحتوى نخصبات كثيرة على ذرات البوتاسيوم في جزيئاتها . ( وقد أعمل عامل المناجم أملاح البوتاسيوم التي كانت في رواسب «ستاسفورت» واستبدلوا أثناء تركيزهم على كلوريد الصوديوم الذي نحتها - وقد أدرك الألمان في سنة ١٨٩٥ فقط قيمة الإخصاب في هذه المادة لاني أطلقوا عليها اسم «الملح العادم» ) .

والحقيقة أن النباتات تستهلك كميات وافرة من البوتاسيوم حتى إنها استخففت كصنادر لمركبات البوتاسيوم . وفي واقع الأمر لم تكتشف مركبات البوتاسيوم في المعادن إلا في سنة ١٨٩٧ . وحتى ذلك الوقت كان المعروف أنها موجودة في النباتات - ثم حضرت محرق النباتات وإذابة مركبات البوتاسيوم التي تحلقت من الرماد في الماء . ثم يصب الماء في أوان حديدية كبيرة ويترك ليغل ويتبخر فتبقى كربونات البوتاسيوم . ويتزكب جزيئها من ذرتين من البوتاسيوم وذرة كربون وثلاث ذرات من الأكسجين وفي بعض نباتات المحيطات نجد أن كربونات الصوديوم هي التي توجد في الرماد ، وكانت تضر أيضاً بنفس الطريقة قبل عصر الكيمياء الحديثة .

والإسم القى تعرف به كربونات البوتاسيوم هو البوتاس (واضح أنهم ترجع إلى الرماد المتخفف في الإناء - فكلمة بوت<sup>(١)</sup> بالإنجليزية تعنى الإناء ، وأش<sup>(٢)</sup> تعنى الرماد ) . وكربونات الصوديوم المتحضرة بهذه الطريقة تسمى أيضاً صودا آش . ويسمى إيدروكسيد البوتاسيوم ، والقى يشبه كثيراً إيدروكسيد الصوديوم ولكنه أغلى منه ، بالبوتاسا الكاوية . ويرجع اسم عنصر البوتاسيوم إلى كلمة « رماد الإناء » السابق شرحها . والإسم العربى لهذا الرماد هو « القلى » ومنه اشتق الاسم القى يطلق على إيدروكسيد البوتاسيوم وإيدروكسيد الصوديوم وهما « القلويات » الكاوية . وأكثر من هذا يسمى الصوديوم والبوتاسيوم ، وكذا العناصر الأخرى الموجودة في نفس السمود من الجدول الدورى « بالقلويات القلوية » (وقد قام العرب خلال العصور الوسطى بأعمال كيميائية كبيرة وإن كانت بعضها ذات طابع بدائى ، ولازال الكثير من الكلمات العربية نتمثل حتى الآن في الكيمياء الحديثة ) .

من المحتمل أنك على معرفة بكلمة قلى فى صناعة الصابون : فمن المهم دائماً أن تتخلص من إيدروكسيد الصوديوم الزائد للوجود ، وإلا تسبب الصابون الناتج في التهاب الجلد . ولذا فبكثيراً ما يقول المصنعون عن الصابون فى الراديو والتليفزيون إن صابونهم لا يحتوى على قلى مؤذ . كما أن للمتاد أن قول عن المادة إنها قوية عندما نتحدث عن القواعد - أى أنها عكس الحامض .

وبهذه المناسبة أذكر أن الصابون لم يكن معروفاً في الأيام التابرة . وقد وجد اليونانيون والرومانيون أن رماد الخشب له خواصه في التنظيف . وهذا يرجع إلى

Pot ( ١ )

Ash ( ٢ )

كربونات البوتاسيوم الموجودة فيه ، والتي تجزى جزئيات الدهون والزيوت كما يفعل إيلدروكسيد الصود يوم والبوتاسيوم وإن لم تكن بنفس الدرجة .

### الاكتشاف بالضوء :

القازات القلوية — غير الصوديوم والبوتاسيوم — نادرة الوجود ، وأبسطها هو الليثيوم ، وهو العنصر رقم ٣ ، وهو يعلو الصوديوم مباشرة في الجدول الدوري . وهو أخف العناصر جميعاً ويبلغ نصف وزن الماء . وهذا يعنى أنه أخف من معظم أنواع الخشب . وهو أقل من وزن الألومنيوم .

ومع ذلك فنحن لا نستفيد من خفة وزنه . وهو ليس نادراً فحسب ولكنه مثل كل العناصر القلوية نشيط جداً . فلو عرض للهواء اتحد حتى مع النيتروجين الموجود فيه ، وهو الشيء الذى لا تفعله العناصر القلوية الأخرى . وتضاف كميات صغيرة منه إلى بعض السبائك لزيادة صلابتها ، وتضاف أحياناً نترات الليثيوم إلى الألعاب النارية لإنتاج لون أحمر .

وقد اكتشفت استعمالات جديدة له في السنين الأخيرة فيستخدم إيلدروكسيد الليثيوم ( ويحتوى جزئته على ذرة ليثيوم وذرة إيلدروجين ) في بعض أنواع القنابل القذرية . وهناك استعمال آخر سيار ، وهو كعامل مساعد في العمليات الجديدة لصناعة أنواع جديدة من البلاستيك .

وقد كان « أوجست أرفيدسن » أول من اكتشف الليثيوم سنة ١٨١٧ ، وقد فصله « دافى » سنة ١٨١٨ بالطريقة الكهربية التى استخدمت في الصوديوم والبوتاسيوم . وقد اشتق اسمه من الكلمة اليونانية التى تعنى « الحجر » ، لأنه يوجد في علكة المادن فقط ، بينما يوجد الصوديوم والبوتاسيوم في النباتات والحيوانات

أيضاً ( وهما العناصر القوية الأخرى التي كانت معروفة في ذلك الوقت ) . أما العناصر القلوية الثقيلة وهي « روبيديوم » رقم ٣٧ ، و « سيزيوم » وهو عنصر رقم ٥٥ ، فقد اكتشفا بطريقة مشوقة : فقد تذكر أنه إذا سخن أى عنصر ، خرج منه ضوء ، وإذا مر هذا الضوء في منشور زجاجي خرج منه على شكل خطوط ذات ألوان مختلفة ، وأن كل عنصر له مجموعة خطوط مميزة له . فيعطى الصوديوم مثلاً أو أى مركب يحتوى على الصوديوم ، بالتسخين ، خطين قويين لونهما أحمر . وهذا النوع من التحلل يسمى « بالتحليل الضوئى » . وقد أمكن بهذه الطريقة كما رأينا اكتشاف الهيليوم في الشمس .

ولم يكن الهيليوم أول عنصر اكتشف بواسطة التحليل الضوئى منذ قيام الكيمياءى الألماني « روبرت بون » وعالم الطبيعة الألماني « ج . ر . كيرشوف » بدراسة الخطوط الناتجة من تسخين مواد مختلفة . وفي سنة ١٨٦٠ صادفتها مادة أنتجت خطوطاً زرقاء لا تنطبق مع خطوط أى عنصر آخر . وعرفا من الخواص الكيميائية لهذه المادة أن جزيئه لا بد أن يحتوى على ذرات فلز قلوى وأنه لا بد أن يكون فلزاً قلوياً جديداً لم يكن معروفاً من قبل . وقد أطلقا على هذا الفلز اسم سيزيوم وهو الإسم اللاتينى لكلمة « أزرق — السماء » . وكان السيزيوم هو أول عنصر أمكن اكتشافه بواسطة نوع الضوء الذى ينتجه .

ولم تمض فترة قصيرة حتى وجد « بون وكيرشوف » مادة تحتوى على نوع آخر من ذرات فلز قلوى ، ولكن في هذه المرة كانت الخطوط الناتجة حمراء اللون ، ولذا أسماها الفلز الجديد « روبيديوم » وهي باللاتينية تعنى « أحمر داكن » .

ولكن مضت فترة طويلة بالطبع قبل فصل أى من هذين العنصرين كفلز نقي .

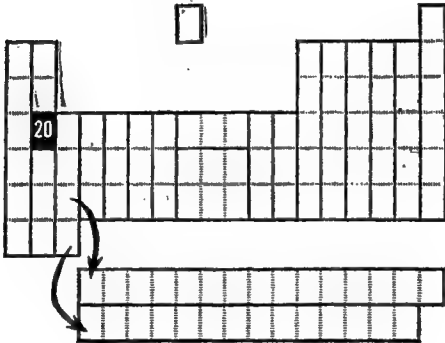
ولم يتم فصل السيزيوم إلا سنة ١٨٨٢ والروبيديوم سنة ١٩١٠. وأمكن الحصول على كل منهما باستخدام طريقة دافى «الكهرية» .

والسيزيوم هو أطرى الفلزات (طرى كالشمع) وأكثرها نشاطاً . وينصهر عند ٢٨٥ درجة مئوية فقط . وحيث أن هذه الدرجة تعادل ٨٣ درجة فهرنهايت فإن السيزيوم يعتبر سائلاً مجرداً في أيام الصيف .

وقد ذكرت في مقدمة هذا الكتاب أنه بتسخين العناصر نجعلها تطرد بعض الإلكترونات الدقيقة التي تكون الأجزاء الخارجية من الذرة . والسيزيوم دون العناصر كلها يطرد هذه الإلكترونات بأقل مجهود . وقد تنبأ العلماء بأنه سيتمكن في المستقبل دفع سفن إلى الفضاء ، وذلك بإطلاق الإلكترونات بعيداً عن المادة . وتسمى هذه الطريقة لدفع السفن إلى الفضاء «بالدفع الأيونى» . وربما يصبح السيزيوم هو «الوقود» المستعمل فيتحول بذلك إلى مادة هامة في عصر الفضاء .

## الفصل الثالث عشر

### الطبيوم عنصر العظام



من الطباشير إلى الآلي.

هناك بعض المعادن الموجودة في القشرة الأرضية ولكنها ليست سيليكات ، وأشهرها الحجر الجيري . ويعرف هذا المعدن بمدة أسماء تبعاً للشكل الذي يوجد عليه . فإذا وجد على شكل بلورات معتمة سمي « كالسيت » ، أما « السبار الأيسلندي » فبلوراته شفافة ، وأما النوع الجذاب جداً فهو الرخام . ويمكن صقله جيداً ، وقد صنعت منه معابد قدماء اليونان والرومان الجميلة .



أما كربونات الكالسيوم فهو الاسم العلمي للحجر الجيري . ويلاحظ من الاسم أنه يحتوى على ذرات عنصر لم أناقشه بعد . هذا العنصر هو « الكالسيوم » ، وهو رقم ٢٠ ، وهو قاز لونه أبيض فضى ونشط ، ولكنه لا يبلغ نشاط الفلزات القلوية التى شرحتها فى الفصل السابق . ويتفاعل الكالسيوم مع الماء ويتصاعد الإيدروجين ، ولكن بقوة أقل من الصوديوم أو البوتاسيوم . ويقم لونه بسرعة بتعريضه للهواء لأنه يتحد مع الأكسجين وكذا مع النيتروجين . ويمكن « دافى » من فصله كعنصر فى سنة ١٨٠٨ مستخدماً نفس الطريقة الكهربية التى طبقت على الصوديوم والبوتاسيوم .

وتنتج كثير من الكائنات الحية كربونات الكالسيوم ( الذى يحتوى جزئيه على ذرة كالسيوم وذرة كربون وثلاث ذرات أكسجين ) كمادة وقائية . قشر البيض مكون من كربونات الكالسيوم ، وكذا صدف المحار والزريق ( سمك صدق ) . فإذا دخل جسم غريب مثل حبة من الرمال داخل المحار ، فإن المحار يشغلها بطبقة من كربونات الكالسيوم مكوناً جسماً كرياً لامعاً نسيه « اللؤلؤ » . والآلىء الكاملة الشكل قيمة جداً ، ومع ذلك فهى مجرد كربونات كالسيوم : نفس كربونات الكالسيوم التى تجدها فى قشر البيض .

وتتفاعل كربونات الكالسيوم مع الأحماض مثل كربونات الصوديوم ، وينتج عنها ثنائى أكسيد الكربون . ويتم هذا التفاعل أبطأ من كربونات الصوديوم ، لأنه لا يذوب فى الماء مثل كربونات الصوديوم ( والمواد التى تذوب فى الماء تتفاعل فى كل أنواع التفاعلات الكيميائية أسرع وبشكل أكمل من المواد التى لا تذوب ) .

وإذا أسقطت لؤلؤة فى محلول حامض ( كالخل ) فإنها تتفاعل ببطء مع الحامض ثم تتحطم وتتلاشى . وهذه طريقة لتعرف على اللؤلؤ الحقيقى من الصناعى ، ولكن ربما تضن بأى من لأنك على هذا الاختبار ، وأنا لا ألومك على ذلك .

وهناك مجموعات مختلفة من الكائنات البحرية تعرف « بالمرجان » ، وهى تكون هياكل من كربونات الكالسيوم على أشكال مختلفة بعضها غريب جداً . وهى جميعاً تعيش فى البحار الضحلة الدافئة . ومعظم الجزر المرجانية الموجودة فى جنوب المحيط الهادى ما هى إلا هياكل متراكمة من هذه الحيوانات .

وتتكون أيضاً هياكل بعض الكائنات للميكروسكوبية من كربونات الكالسيوم ويتجمع بلالين البلالين منها فوق بعضها ، وقد تكون أكواماً هائلة . وتتكون بعض الهضاب عند « دوفر » من هذه الهياكل . ومن المحتمل أن كل رواسب كربونات الكالسيوم على الأرض هى بقايا حيوانات صغيرة مختلفة . وترجع الكميات الكبيرة منها أيضاً إلى أن الكالسيوم يكون  $\frac{24}{100}$  من القشرة الأرضية .

ولا تتأثر الرواسب الموجودة تحت الأرض إلا قليلاً بمياه الأمطار . فتؤثر مياه الأمطار التى تتسرب إلى الداخل من سطح الأرض ( حاملة معها ثانى أكسيد الكربون الذى أذابته من الهواء ) وتغير جزئياً كربونات الكالسيوم ، فيتحد مع الذرات الموجودة فى الماء وثانى أكسيد الكربون وتتحول إلى بيكربونات الكالسيوم الأكثر ذوباناً فى الماء من كربونات الكالسيوم .

وتنزاح تدريجياً بيكربونات الكالسيوم بواسطة المزيد من الأمطار ، وتتكون جحور كبيرة فى باطن الأرض ومنها كهف اللاموث فى كنتكى . ومغاور كارلسباد فى نيومكسيكو ما هى إلا كهوف الحجر الجيري ، وهى تحوى على كل أشكال الحجر الجيري الجميلة الساحرة حيث يتجمع بيكربونات الكالسيوم نتيجة تساقط الماء ( المحوى على البيكربونات ) . ويتبخر الماء ، تتسرب البيكربونات وتفقد الماء وثانى أكسيد الكربون وتصبح كربونات كالسيوم مرة ثانية . والحجر الجيري الذى تجمد أثناء تساقط قطراته من سقف المغارة يسمى « ستالاكت » . وتسمى للموايد التى ترتفع من الأرض « ستالمايت » .

## الجير :

إذا سخنت كربونات الكلسيوم تسخيناً شديداً تنفصل ذرة من الكربون وذرتان من الأكسجين على شكل ثنائي أكسيد الكربون ، ويتبقى بعد ذلك أكسيد الكلسيوم الذى يتكون جزيئه من ذرة كلسيوم وذرة أكسجين .

ويطلق اسم عام على هذه المادة وهو « الجير السريع » . وكلمة « سريع » الموجودة فى الاسم لا تعنى أن للمادة سرعة وإنما تعنى « حية » . ويصير أكسيد الكلسيوم حياً من الطريقة التى يمتص بها الماء ، فهو يفعل ذلك بمنتهى السرعة . وتتطلب كمية كبيرة من الحرارة أثناء هذه العملية ، بل الواقع أن كمية الحرارة الناتجة من إضافة الماء إلى أكسيد الكلسيوم كافية لإحراق الخشب ( وسبق أن عرفنا كيف تشعل لهباً بإضافة الماء إلى الصوديوم أو البوتاسيوم - وهذه هى طريقة أخرى لإشعال النار بالماء ) .

وقد ذهل المشتغلون بأكسيد الكلسيوم « لشراة » التى يتحد بها أكسيد الكلسيوم بالماء وبدلهم كأن المادة إنسان عطشان لدرجة الرأس ، وبدأوا فى تسمية عملية إضافة الماء إلى الجير « بالإطفاء » ، كما لو كانت المسألة إطفاء العطش . والتعود على معاملة هذه العملية كما لو كانت شيئاً حياً قد يكون هو الذى أدى فى نهاية الأمر إلى إطلاق اسم « الجير الحى » عليها .

وعادة ما يطلق اسم الجير على أكسيد الكلسيوم . وقد اشتق اسم كلسيوم من « كالكس » calx وهو الاسم اللاتينى للجير .

وأكسيد الكلسيوم هو نوع من المواد التى أطلق عليها الكيميائيون فى الأزمنة النابرة اسم الأرض ، وهى أكسيد ذات درجة انصهار مرتفعة . ومن أمثلة الأكاسيد الأخرى التى سبق ذكرها أكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديد ثنائى أكسيد السيليكون . وإضافة الماء

إلى أكسيد الكالسيوم يتكون إيدروكسيد الكالسيوم وهو معروف باسم الجير  
المطفأ ( أى الجير الذى قد غلأه ) ، وإيدروكسيد الكالسيوم قاعدة ، وعلى ذلك  
فأكسيد الكالسيوم يكون قاعدة وعند إذابته يسمى « أرضاً قاعدية » ( وقد سبق أن  
ذكرت فى الفصل الثانى عشر أن القوى والقاعدى كليهما يعنى عكس الحامض ) .  
ولهذا السبب فإن الكالسيوم والعناصر المشابهة له تسمى « القلويات الأرضية القلوية » .

وينصهر أكسيد الكالسيوم عند درجة حرارة مرتفعة تصل إلى ٢٥٠٠ درجة  
مئوية . وإذا سلط لهب على أكسيد الكالسيوم فلن ينصهر ( ما لم تسكن حرارة اللهب  
على درجة كبيرة من الارتفاع ) ولكنه سيتوهج ببريق أبيض كثيف كان يستعمل  
( قبل اكتشاف الإضاءة الكهربائية ) فى إضاءة خشبة المسرح ، ولازال الأشخاص  
الذين يرضون أعمالهم على الجماهير - لسبب أو آخر - يوصفون أنهم « نحت أضواء  
الجير » *in Thetimelight*

### المواد المترسبة :

يعتبر إيدروكسيد الكالسيوم من بعض النواحي قاعدة أقوى من إيدروكسيد  
الصوديوم أو البوتاسيوم ، فتتبادل أوقية من إيدروكسيد الكالسيوم مع كمية من  
الحامض تزيد بمقدار ١٠ / من الكمية التى تتبادل فيها مع أوقية من إيدروكسيد  
الصوديوم ، وتزيد بمقدار ٥٠ ٪ عن الكمية التى تتبادل فيها مع أوقية من إيدروكسيد  
البوتاسيوم . وهنا يجب أن نضع فى الاعتبار مرة ثانية القابلية للذوبان .

تلم أن هناك مواد تذوب فى الماء . فالمالح الذى تضيفه إلى حسائك ينوب فيه ،  
وكذا السكر الذى تضيفه إلى القهوة . وهناك مواد أخرى لا تذوب فى الماء مثل الرمل  
والزجاج وكربونات الكالسيوم وإيدروكسيد الصوديوم وإيدروكسيد البوتاسيوم شديداً

النويان في الماء ، فيذيب لتر من الماء رطلاً أو أكثر من إيدروكسيد الصوديوم كما يذيب على الأقل رطلين من إيدروكسيد البوتاسيوم . وتعتبر مثل هذه المحاليل بشكل ما فيها من القاعدة محاليل قاعدية قوية .

أما إيدروكسيد الكالسيوم فهو قليل النويان في الماء ، فيذيب لتر من الماء بـ ١ من الأوقية فقط منه . ولهذا السبب يستعمل محلول إيدروكسيد الكالسيوم قاعدياً ضعيفاً ويسمى عادة « ماء الجير » . فإيدروكسيد الكالسيوم قوى ولكن لا يوجد منه الكثير في المحلول .

وتتفاعل ثاني أكسيد الكربون حتى مع أصغر كمية من إيدروكسيد الكالسيوم الموجودة في « ماء الجير » مكوناً كربونات الكالسيوم . وحتى كربونات الكالسيوم أقل ذوباناً في الماء من إيدروكسيد الكالسيوم . وما أن تتكون من تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع ماء الجير ، حتى تنفصل من المحلول ( أى أنها « ترسب » ) على شكل مسحوق أبيض . وإذا تقمخت في أنبوبة مغمورة في ماء الجير ، رأيت في الحال أن السائل قد تحول إلى سائل لبنى نتيجة ترسب كربونات الكالسيوم .

وهذه طريقة مفيدة لكشف عن وجود ثاني أكسيد الكربون في عملية التنفس . وبما يحدث بين ثاني أكسيد الكربون وإيدروكسيد الكالسيوم له أهمية خاصة في حياتنا اليومية .

« والبياض » بالجير مثلاً ، ما هو إلا إيدروكسيد الكالسيوم المضاف إلى الماء . فبعضه يذوب ، ولكن يعلق معظمه في الماء بشكل معلق . وإذا دهن أى جسم خشبى أو سور بالبياض ، فإن طبقة إيدروكسيد الكالسيوم الرقيقة سريعة ما تتفاعل

مع ثاني أكسيد الكربون الجوى وتتحول إلى كربونات الكلسيوم ، وتلتصق كربونات الكلسيوم بالخشب بشدة . وحيث أنها لا تذوب في الماء فإنها لا تزول بالمطر .

ويتكون الملاط ( المونة ) بمزج إيدروكسيد الكلسيوم بالرمل بنسبة معينة . ويوضع الملاط بين الطوب عند رصه لبناء جدار . وهنا أيضاً ، يمرض إيدروكسيد الكلسيوم للتغيرات الجوية ، يتحول إلى كربونات ، وعندئذ يتجمد الملاط أى يصبح صلباً ، وياتصق بشكل متين جاعلاً الجدار كأنه قطعة واحدة .

ويحتاج البناءون أحياناً إلى مادة تتجمد وتقوى تحت الماء . ولا يتأتى هذا مع الملاط ، لأنه يحتاج للهواء وما يحترقه من ثاني أكسيد الكربون ليتجمد . « والأممنت » يحل هذه المشكلة — فهو خليط من الحجر الجيري والطفل . فإضافة الماء يتحد معه كل من الحجر الجيري والطفل لينتج سيليكات كلسيوم الألومنيوم الصلبة .

ويستفاد من الأممنت في أغراض عدة ، ولكن أعظمها بلا شك هو في بناء السدود الكبيرة — فهنا تظهر قيمة قدرته على التجمد تحت الماء . ولزيادة قوة الأممنت يضاف إليه الرمل والحجر الجيري . وإذا صب المخلوط ويسمى « الخرسانة » حول هيكل من القضبان الحديدية ينتج « الخرسانة المسلحة » ، وتصبح من القوة بحيث تقاوم أنهاراً بأكلها من المياه .

وأحد مركبات الكلسيوم المماثلة للعروة هو ما يطلق عليه اسم « عجينة باريس » . والإسم العلى لها هو « كبريتات الكلسيوم نصف المائية » (ويعتوى الجزء منها على ذرة من الكلسيوم وذرة من الكبريت وأربع ذرات من الأكسجين) . وهى تكون

كبريتات الكلسيوم - بإضافة كمية صغيرة من الماء هي جزئىء لكل جزئين من كبريتات الكلسيوم . وتحول عجينة باريس بتعريضها للماء إلى « كبريتات الكلسيوم ثنائية الماء » - وهى اتحاد جزئين من الماء لكل جزئىء من كبريتات الكلسيوم . وعجينة باريس هي مسحوق أبيض مفكك ولكنها تتحول للماء إلى مادة صلبة كالحديد الصلب ، تستعمل فى عمل جياثر للأطراف المكسورة لتمنعها من الحركة حتى تلتئم العظام .

وبهذه المناسبة فإن « الجبس » هو حجر معروف موجود فى الطبيعة . ويوجد أحياناً على شكل كتل بيضاء تعرف « بالمرمر » ، ولكنك ولا شك تعرفه أكثر على شكل طباشير السبورة المستعمل فى حجرات الدراسة .

وكلوريد الكلسيوم هو نوع آخر من مركبات الكلسيوم ( ويحتوى الجزئىء منه على ذرة من الكلسيوم وذرتين من الكلور ) . وهو يمتص بخار الماء من الجو ، ولهذا السبب يرش أحياناً على الطرقات القذرة ، وحتى لو كان الجو جافاً فإنه يمتص من بخار الماء ما يجعل سطح الطرقات رطباً . أما إذا ترك الطريق جافاً تماماً فإن مرور العربات يسبب قيام سحب من التراب مما يجعل قيادة السيارات غير مريحة وأحياناً خطيرة .

### عصر الماء :

هكذا نرى أن كثيراً من المركبات السابق ذكرها فى هذا الكتاب تحتوى على ذرات الكلسيوم فى جزيئاتها .

فمسحوق إزالة الألوان مثلاً ما هو إلا « هيبوكلوريت الكلسيوم » ، « والقلسبار » الذى اشتق اسم القلور من مصوره ما هو إلا فلوريد « الكلسيوم » . ويحتوى

الزجاج العادى على سيليكات الكالسيوم وسيليكات الصوديوم . ويطلق أحياناً على سيليكات الصوديوم بمفرده الزجاج اللامى لأنه يذوب فى الماء ، فى حين أن مخلوط سيليكات الكالسيوم وسيليكات الصوديوم فى الزجاج لا يذوب ( ويصنع الزجاج عادة بتسخين الرمل والصودا والحجر الجيرى إلى درجة تزيد عن ١٣٠٠ درجة مئوية وترك المخلوط لينصهر مع بعضه — فالرمل يمدنا بالسيليكات ، وتمدنا الصودا بالصوديوم ، والحجر الجيرى بالكالسيوم ) . وإذا استبدلنا البوتاس بالصوديوم ، فينتج «الزجاج البوتاسى» وهو أصلد ، وينصهر عند درجة أعلى من الزجاج «الصوديومى» .

وسطح الزجاج العادى ليس دائماً كما يجب ، بل به تموجات وخدوش . وتبدو الأجسام خلال هذا الزجاج مشوهة . أما إذا كشط السطح لينعم فينتج «الزجاج المشطوف» وهو خال من التشويه .

وإذا ضمت طبقتان من الزجاج معاً بواسطة فرخ رقيق من البلاستيك الشفاف ، يصبح الزجاج غير قابل للتشقق ، وبما ينكسر ولكن القطع لا تتناثر ، بل تبقى فى مكانها ملتصقة بالبلاستيك . ومثل هذا النوع من زجاج الأمان يستخدم فى السيارات على سبيل المثال ، فيمكن تجنب الأضرار المروعة التى يمكن حلوثها بواسطة الزجاج المتناثر فى حالة الحوادث .

وتسمى الطبقات الرقيقة من الزجاج التى تصنع لتكسو العازل أو الطوب أو غيرها من المواد ذات الدرجة العالية الانصهار «بالصقلة» <sup>(١)</sup> . ويمكن إضافة مركبات معينة للصقلة لجعلها بيضاء أو معتمة أكثر منها شفافة . ومثل هذه الصقلة المعتمة هى «طلاء» . ومعظم الأدوات فى المطابخ الحديثة تتكون من معدن ذى طلاء



من البناء . ويوفر المدن المتانة بينما يقدم الطلاء الوقاية ضد فعل الهواء والماء ، وفي نفس الوقت فله جماله الأملس الخاص .

ويمكن أن يأخذ الزجاج شكلاً آخر من الجمال أيضاً عندما تضاف المواد الكيميائية لتعطيه لوناً . ويمكن أن توضع قطع صغيرة من الزجاج المختلف الألوان من هذا النوع إلى جانب بعضها البعض لإنتاج قطع رائعة من الفن . ومركبات الكلسيوم هامة بالنسبة للحياة كما هي بالنسبة للزجاج . فعدد من الخصبات هي مركبات للكلسيوم : فالسور فوسفات مثلاً ، القى أشرت إليه في الفصل التاسع ، هو خليط من الفوسفات والكلسيوم وكبريتات الكلسيوم . كما أن الخليط من نترات الكلسيوم وأكسيد الكلسيوم غصب هام آخر .

أما أكثرها أهمية فهو أن العظام تحتوي على كلسيوم . ولقد سبق أن أشرنا إلى أن العظام تتكون من الفوسفات ، والواقع أنها تتكون من فوسفات الكلسيوم المركب ، متمزجاً بكمية أصغر من كربونات الكلسيوم . والميكل العظمى لذلك البالغ المتوسط يحتوي على حوالي رطلين وربع من الكلسيوم ، وحوالي رطل واحد فقط من الفوسفور . والفوسفور هام أيضاً في الأسجة الرخوة في الجسم . أما الكلسيوم فيوجد فقط تقريباً في العظام . ولذا فالكلسيوم هو صاحب الحق الأفضل في أن يسمى « مادة العظام » .

وإلى هنا ، فمن المؤكد أن الكلسيوم يبدو كأن له جانباً طيباً فقط دون أن يكون له جانب سيء على الإطلاق . ولكن هذا خطأ . فمن ناحية واحدة على الأقل من الممكن أن يكون الكلسيوم مزعجاً جداً لسيدة المنزل — فالماء الذي يأتي من صنبورك من الممكن أن يكون من النوع الذي ينتج رغوة جميلة عند إضافة الصابون . ومثل هذا الماء لا يحتوي إلا على كميات ضئيلة من المواد الصلبة ذائبة فيه مثل الماء المأخوذ من خزانات الجبال التي تزود في أغلب الأحوال بواسطة الأمطار . ومثل هذا الماء

يسمى « الماء اليسر » . ومن بين المدن الأمريكية الحسنة الحفظ التي لديها ماء يسر في متناول يد سكانها مدينتا بوسطن ونيويورك .

أما الماء المأخوذ من البحيرات والأنهار فقد كان على اتصال بالتربة لوقت ما ، وغالباً ما قام بإذابة مقدار صغير من مركبات الكلسيوم . وعندما يضاف الصابون إلى مثل هذا الماء ، تتحد جزيئات الصابون مع مركبات الكلسيوم . وصابون الكلسيوم هذا لا يكون رغوة ، فهو لزج وغير قابل للذوبان ويبقى على الملابس في حوض التسيل ومن الصعب إزالته . وبدلاً من أن ينظف فرمًا يحمل الأشياء تبدو أكثر قذارة . و ( الحلقة ) الحبيطة بإناء التسيل ، هي في العادة تجمع من صابون الكلسيوم أكثر مما هي مجرد قذارة . وللماء من هذا النوع يدعى الماء « العسر » .

ولحسن الحظ من الممكن أن يحمل الماء العسر يسراً : فإذا ما كان مركب الكلسيوم الموجود هو بيكربونات الكلسيوم ، فيكفي بمجرد غلي الماء أن تتحول بيكربونات الكلسيوم الذائبة إلى كربونات كلسيوم — وهذا يفصل حيث أنه غير قابل للذوبان . ولما كان مركب الكلسيوم الموجود على شكل مخفول فقط هو الذى يسبب الضرر ، فبافصال كربونات الكلسيوم عن السائل لا يتبقى في الماء ما يعيق عملية تكوين الرغوة . وللماء من هذا النوع الذى يمكن تحويته إلى ماء يسر بواسطة التليان ، هو « ماء ذو عسر مؤقت » .

ولكن ما هو الحال إذا ما احتوى الماء على كبريتات الكلسيوم أو كلوريد الكلسيوم ؟ إن هذه المواد لا تتأثر بالتليان . فمن الممكن أن تغلي الماء كما نشاء ومع ذلك يظل عسراً . وهذا هو « الماء الدائم العسر » .

وإذا ما أضيفت كربونات الصوديوم إلى الماء الدائم العسر ، فإنها تتحد مع

كربونات الكالسيوم أو كلوريد الكالسيوم ، ليكون كربونات . وتنصل  
كربونات الكالسيوم عن الماء ولا تسبب ضرراً بعد ذلك . والشئ الوحيد الذى  
يترك فى الماء هو كبريتات الصوديوم أو كلوريد الصوديوم - وهذه ليس لها تأثير سيء  
على الصابون . وهكذا حولت كربونات الصوديوم الماء إلى ماء يسر . ولهذا السبب  
تسمى عادة « بصودا النسيل » . ( ويمكن إضافة مواد أخرى مثل فوسفات  
الصوديوم والأمونيا إلى الماء العسر للتخلص من الكالسيوم ، ولذلك تعتبر ميسرات  
الماء أيضاً ) . ويمكننا أيضاً أن نيسر الماء بأن نسمح له بالمرور خلال نوع معين من  
الطفل يدعى الزيوليت ، فتتحد ذرة الكالسيوم مع الزيوليت عندما يمر الماء خلاله ،  
وتحمل ذرات الصوديوم غير الضارة والموجودة فى الزيوليت محلها فى المحلول .

ولقد صنع الكيميائيون جزيئات عضوية مركبة تدعى « بالأصماغ المتبادلة  
للأيونات » ، وهى تؤدى عملاً أفضل من الزيوليت . ومن الممكن أن نصنع أصماغاً  
متبادلة الأيونات يمكنها أن تخرج كل المواد المختلفة الذائبة فى الماء ، أو كلها تقريباً .  
بما فى ذلك كلوريد الصوديوم . وبهذه الطريقة يمكن أن يصبح ماء البحر مثلاً قابلاً  
للشرب . ويمكنك أن ترى مدى فائدة مثل هذه الأصماغ المتبادلة الأيونات بالنسبة  
للحياة على مركب طافية على سطح معزول من المحيط ينتظر ركبها التوثر .

والطريقة الأخرى لعلاج مشكلة الماء العسر هى صناعة مركبات تسمل كالصابون ،  
ولكنها لا تكون مركبات غير قابلة للذوبان مع الكالسيوم . ولقد قدمت إلى  
الأسواق عدة أنواع من مثل هذه المسهلات فى الأعوام العشرة الأخيرة حتى لم يصبح  
الماء العسر مشكلة ذات أهمية لربة المنزل كما كان عليه من قبل .

الفصل الرابع عشر

## الماغنيوم

العنصر الثاني للاشتغال

التهب الأبيض :

يوجد فوق الكالسيوم مباشرة في الجدول الدوري العنصر رقم ١٢ ، وهو « الماغنسيوم » . إنه يشبه الكالسيوم تماماً في عديد من خواصه . وهو يكاد يكون في درجة نشاط الكالسيوم . والماغنسيوم معدن آخر من العناصر التي فصلها « دافى » (عام ١٨٠٨ ) لأول مرة بواسطة طريقته في الفصل الكهربائي .

ولكن عند ما يتعرض للمغنسيوم للهواء ، لا يقيم بالطريقة غير المرضية التي تحدث للصوديوم والبوتاسيوم والكلسيوم والحديد ، ولكنه بدلا من ذلك يسلك سبيل الألومنيوم : فسرعان ما يغطى بطبقة رقيقة شفافة من أكسيد المغنسيوم . وهذه الطبقة متممة وواقية للدرجة أنه يمكن استخدام صفائح من المغنسيوم في بناء الطائرات رغم أنه عنصر نشط جداً . والمغنسيوم أكثر نشاطاً من الألومنيوم ، بل إنه في الواقع أكثر المعادن نشاطاً ويمكن تحويله إلى منتجات صناعية بشكل نقي أو قريب من النقاء . ويحمى المغنسيوم ، كالألومنيوم ، بواسطة طبقة سطحية من الأكسجين مكوناً « أكسيد المغنسيوم » هذه المرة .

ويجب مع ذلك ألا يدفع المغنسيوم إلى أكثر مما يحتمل ، فحتى طبقة الأكسيد هذه لا تقيه جيداً . فإذا ما سخن المغنسيوم في الهواء ، اقتجر إلى لب أبيض لامع للدرجة تخطف البصر . ومن الممكن أن تنتج هذه العملية من مجرد الاحتكاك .

ويجب على المصانع المنتجة للمغنسيوم أن تتخذ الاحتياطات ضد مخاطر الحريق هذه .

ولهذا الهمب الأبيض للمغنسيوم بالطبع ( شأنه شأن كل شيء غير سار ) بعض القوائد . فعند ما كان يلزم الفقاظ صورة فوتوغرافية بدون ضوء الشمس في الأيام السابقة لتطور الأفلام الحساسة ، كان من اللازم الحصول على ضوء ساطع آخر .

وقد كان ضوء المغنسيوم ساطعاً بما فيه الكفاية ، بل إنه ما زال يستخدم في أغلب الأحيان في التصوير الفوتوغرافي . وفي البداية كان المصورون الفوتوغرافيون يضعون بعضاً من مسحوق المغنسيوم بالإضافة إلى مركب يكون الأكسجين في داخل إناء صغير مفتوح ويشعلونه في اللحظة المناسبة . ولقد كانت هذه طريقة

خطرة إلى حد ما أيضاً . أما اليوم فلدينا الصمامات الوهاجة ( القلاش ) التي تحتوى على شبكة من أسلاك الماغنسيوم الدقيقة ( وإن كان من الممكن استخدام الألومنيوم أيضاً ) المحاطة بالأكسجين . ومن الممكن تصميم الكاميرا بحيث يشعل تيار كهربائي صغير الماغنسيوم بمجرد دفع الزلاج ، منتجاً الوهج الساحل اللازم ( ومن الطبيعى أن الصمام الوهاج يستخدم مرة واحدة ) .

وللهب الماغنسيوم استخداماته في زمن الحرب أيضاً . فالشاحل التي تلقى براصة الطائرات من السماء كإشارات أو كأجهزة لإضاءة الأرض وإرشاد قاذفات القنابل هي عادة من ماعنسيوم مشعل .

والأمر الأقل بهجة هو القنابل الحارقة التي غالباً ما تصمم من أجل إشعال كمية من الماغنسيوم بمجرد أن تصطدم بهدفها . وحرارة نار الماغنسيوم كافية لإشعال كل شيء في المبني . ومن الصعب إطفاء نيران الماغنسيوم قبل وقوع خسائر فادحة ، إذ أن الماغنسيوم نشط لدرجة أنه يتحد مع النيتروجين ، ويتزع الأكسجين حتى من ثاني أكسيد الكربون ومن الماء . وليس لأى من المواد الخاملة البادية للحول التقدر الكافي لدرء نيران الماغنسيوم . وقد تستطيع الرمال أن تقوم بهذه العملية ولهذا السبب طلب من الناس أثناء الحرب العالمية الثانية أن يضعوا أكياساً من الرمال مجهزة لاستخدامها في حالة التيارات الجوية .

وأحسن فوائد الماغنسيوم خفة وزنه - فهو أخف حتى من الألومنيوم . فالبوصة المسكبة من الألومنيوم ، كما قلت في البداية ، تزن أوقية ونصف . أما البوصة المسكبة من الماغنسيوم فتزن أقل قليلاً من الأوقية . ولهذا السبب فالماغنسيوم ، مثل الألومنيوم

يستخدم أكثر في صناعة الطائرات وفي غيرها من المنشآت التي يكون للوزن الخفيف فيها أهمية أكثر من المتانة . وعادة ما يستحجم في شكل سبيكة مع الألومنيوم .

وتوجد سبكتان من هذا النوع هما « الدولوميت Dolomite » التي تتكون من ٩٠٪ من الماغنسيوم والباقي أغلبه من الألومنيوم ، « والماجناليوم Magnalium » التي تتكون من ٣٠٪ من الماغنسيوم والباقي من الألومنيوم .

ولقد زاد استخدام سبائك المعادن الخفيفة في صناعة الطائرات في الحرب العالمية الثانية ، لدرجة أن إنتاج العالم من الماغنسيوم قد ازداد عشر مرات من ٢٠٠٠ طن في العام إلى أكثر من ٢٠٠٠٠ طن في العام .

### تلاشي القارات :

والماغنسيوم عنصر شائع في القشرة الأرضية إذ يكون ٢.٤٪ من وزنها، ويزداد انتشاراً كلما ازدادنا عمقاً في باطن الأرض .

ولعلك تتذكر أنني قلت إن القارات هي ألواح جرانيتية هائلة وأنها خليط من السليكا وسليكات الألومنيوم . وتحت هذه الألواح الجرانيتية ( وتحت مياه المحيط ) يوجد البازلت الذي هو عبارة عن سليكات الماغنسيوم . وكما كونا القارات الطبقة السيليكولومية ( اختصاراً للسليكون والألومنيوم ) فانطقة التي تحتمل سميت بطبقة السيليا ( اختصاراً للسليكون والماغنسيوم ) . وفي القشرة نفسها تكونت كربونات الماغنسيوم متحدة مع كربونات الكلسيوم ، وتكونت سلسلة كاملة من الجبال . ويسمى هذا الآحاد « بالدولوميت » Dolomite .

وإذا ما أخذت الأرض كلها في الاعتبار ، وليس قشرتها فقط، لوجدنا أن

لماغنسيوم أكثر من الألومنيوم . وماغنسيوم في الواقع يشكل ٨١٪ من مجموع لأرض . ويعتقد بعض الجيولوجيين أن النسبة يمكن أن ترتفع إلى ١٧٪ ، ولكنك فالحديد هو المعدن الوحيد الأكثر شيوعاً منه .

وبعض الأشكال الشائعة لسيليكات الماغنسيوم هما « الطلق » Talc و « الأسبستس » Asbestos . والأخير معدن من الممكن أن يتزعم منفصلاً على شكل ألياف من الممكن أن تنسج وتغزل في شكل نوع خشن جداً من القماش . والمتأثر أو الأدوات المصنوعة من هذا القماش غير قابلة للاحتراق وهي لا تتأثر بالحرارة (أو البرودة) لفترة من الزمن . وغالباً ما تتلف أنابيب البخار وأنابيب الماء الساخن بالأسبستس وتصنع منه جميع أنواع الأسفلت المضادة للتآكل والموازل والقيشاني . أما الطلق فعبارة عن مادة رخوة حريرية لللس تستخدم في شكل مسحوق كما هو الحال في مسحوق الطلق للمرووف . والكتل الصلبة من الطلق تدعى « حجر الحرارة » Soapstone . ومازال هناك نوع آخر من سيليكات الماغنسيوم وهو « طين الخفاف » وهو مادة خفيفة مسامية (واسمها هو الكلمة الألمانية) التي معناها « زبد البحر » التي تستخدم في غلايين المدخنين . ومع كثرة الاستعمال تنمض هذه المادة قطران التبغ الملون وتتخذ الغلابون كله لوناً واحداً غزيراً يقدره أولئك للتمتعون بمثل هذه الأشياء .

ومع ذلك فإنه لا نحصل حالياً على الماغنسيوم من الأرض . إذ يوجد « كلوريد الماغنسيوم » بكثرة صلبة ذاتية في ماء البحر . ويوجد من كلوريد الماغنسيوم ما يبلغ ١/٢ كلوريد الصوديوم في ماء البحر . ومع ذلك يوجد ١٨ مليون طن من كلوريد



الماغنسيوم في الليل المكعب من ماء البحر . وبما أنه يوجد حوالى ثلاثمائة مليون ميل مكعب من ماء البحر فإننا لن نخشى خطر نقص الماغنسيوم إذا حاولنا الحصول عليه من ماء البحر . بل إننا فعلاً نقوم بهذا . ويعتبر الماغنسيوم القاز الوحيد الذى يمكن الحصول عليه اقتصادياً من البحر . وأما القاز الآخر الوحيد الذى نحصل عليه من البحر فهو « لافاز البروم » .

ويوجد كلوريد الماغنسيوم أحياناً كشوائب مع الملح العادى . وكلوريد الماغنسيوم، مثله كمثل كلوريد الكلسيوم، يمتص بخار الماء من الجو . وإذا وجد فى الملح فإنه يمتص كمية من بخار الماء مما يحمله متميماً ( خصوصاً فى الأيام الممطرة ) ويتمتعن الملح ويصعب صبه . ومع أن هذا شئ نافه إلا أنه كثيراً ما يضابق ربة البيت ويثير أعصابها . ولذلك تعالج أنواع من الأملاح هذه الأيام لمنع التمتعج . ويوجد كلوريد الماغنسيوم متحلاً أيضاً مع كلوريد البوتاسيوم فى رواسب « ستاسفورت » . ويسمى هذا الاتحاد « بالكارنايت » *Carnallite* .

ويطلق على أكسيد الماغنسيوم بشكل عام اسم الماغنسيا . وقد اشتق هذا الاسم من نفس الحى الموجود فى اليونان ، والذى أطلق على أساسه اسم مغناطيس و مغناطيسية . وقد اشتق اسم عنصر الماغنسيوم من الماغنسيا . ويقاوم أكسيد الماغنسيوم الحرارة وتصهر عند درجات الحرارة المرتفعة بل عند درجات أكثر ارتفاعاً من أكسيد الكلسيوم . ويستخدم كلاهما فى تطيين الأفران . ويتجمد المخلوط من أكسيد الماغنسيوم وكلوريد الماغنسيوم بعد تنديته بالماء ، ويتحول إلى كتلة صلبة فى ساعات قليلة ويسمى « بالأمنت » السريم .

ويتكون إيدروكسيد الماغنسيوم بإذابة أكسيد الماغنسيوم فى الماء ، وهو قاعدى وأقل ذوباناً فى الماء من إيدروكسيد الكلسيوم .

ويذاب إيدروكسيد الماغنسيوم في الماء ، يكون سائلاً معلقاً أبيض مغبراً يسمى « لبن الماغنسيوم » . يستعمل لبن الماغنسيا أحياناً كضاد للأحماض ومسهل وهناك مركبان آخران للماغنسيوم يستعملان كمهل أيضاً وهما سترات الماغنسيوم وكبريتات الماغنسيوم .

وإذا انصبت سبعة جزئيات من الماء بحزىء من كبريتات الماغنسيوم ، فإنها تكون ملحاً يعرف بالملح الإنجليزي أو « ملح إيسم » *Rpsom Salt* . ورجم هذا الاسم إلى أول تحضير له من ماء ينبوع وجد في مدينة إيسم في جنوب شرق إنجلترا في عام ١٦٩٥ .

وتجمل مركبات الماغنسيوم الماء عسراً ، مثل مركبات الكالسيوم ( وكذلك مركبات الحديد ) . ويمكن استعمال بعض الطرق لتيسير الماء ، وذلك من مركبات الكالسيوم ، وبغس الطريقة أيضاً مع الماغنسيوم والحديد .

والماغنسيوم من العناصر الهامة الضرورية للحياة . فيوجد  $\frac{1}{2}$  الأوقية منه في جسم الإنسان ويوجد معظمه في العظام . وقد تركت النهاية نقطة عن الماغنسيوم ربما تكون أهم النقاط جميعاً . ذلك أن كل النباتات الخضراء تحتوي على مركب يسمى « بالكوروفيل » . و « الكلوروفيل » هو الذي يمتص الطاقة من أشعة الشمس ويحولها حتى يمكنه بناء أنسجته من مجرد الماء وفاني أكسيد الكربون والأملاح . وتميش كل الحيوانات على أنسجة النبات . وهذا يعني أن كل حياة النباتات والحيوانات ( وكل أنواع الحياة الميكروسكوبية ) تتوقف على الكلوروفيل . ويحتوى كل جزىء من الكلوروفيل على ذرة من الماغنسيوم . ولا يمكن للكلوروفيل أن يعمل دون تلك الذرة من الماغنسيوم ، وإلا انتهت حياة الإنسان والنبات .

### الألعاب النارية وأشعة إكس :

أما الغازان القويان الموجودان تحت الكلبيو مباشرة في الجدول الدوري

فهما أقل انتشاراً من الكلسيوم والمغنسيوم ولكنهما ليسا نادرين تماماً .

فالإستراتيوم هو العنصر رقم ٣٨ ، وقد أطلق عليه هذا الاسم لأنه تم إكتشاف معدن يحتوى عليه عام ١٧٩٠ في مناجم الرصاص بالقرب من سترونتيان باسكتلندا .

والباريوم هو العنصر رقم ٥٦ واشتق اسمه من المعدن المعروف المحتوى على ذرة الباريوم . وقد كان يسمى في يوم ما « بارايتس » وهو مشتق من الكلمة اليونانية التي تعنى « ثقيل » . ويعرف المعدن حالياً باسم « الباريتا » ، وهو ثقيل جداً ، أهمل من الجرانيت مرتين ، ويطلق عليه بالإنجليزية « السبارالثقل » .

وقد تمكن « دافى » من فصل كل من الإستراتيوم والباريوم في عام ١٨٠٨ . ومظهرهما متشابه مع الكلسيوم ، وكذا تفاعلهما ، بل وهما أكثر نشاطاً . ويشتمل مسحوق الباريوم بتعرضه للهواء . ويتميز الباريوم أكثر معادن الأرض القلوية نشاطاً وهو نموذج للمعدن القلوى .

والباريوم قابلية شديدة للامتصاص وللإتحاد مع النيتروجين والأكسجين مثله في هذا مثل الغازات النشيطة الأخرى كالمغنسيوم والسيريوم . ولهذا السبب تدخل كرية صغيرة من هذه العناصر الثلاثة في صمامات الراديو أثناء صناعته . فبعد تفريغ الصمامات من الهواء بواسطة آلة تفريغ الهواء ، نجد أنه لا تزال هناك آثار باقية من الهواء . وهى مجرد آثار ولكنها تكفى لوقف عمل الصمامات ، لذلك تسخن كرية الباريوم والمغنسيوم والسيريوم الموجودة بواسطة الكهرباء ، فتسخن وتتحد بالأجزاء الصغيرة من الأكسجين والنيتروجين التى بقيت بعد التفريغ . ويتميز الصمام بترسب مخلوط العناصر والمركبات على السطح الداخلى مكوناً مرآة بفضاء . ولا بد أنك لاحظت هذه المرآة إذا ما نظرت إلى صمام الراديو .

وتستخدم مركبات من كل من الإستراتيوم والباريوم في الألعاب النارية والمشاغل . فتشتمل قترات الإستراتيوم بضوء ذي لون أحمر . أما قترات الباريوم فبلون أخضر زاه . ويحدد إيدروكسيد الإستراتيوم بالسكر مكوناً « سكرات الإستراتيوم » الغير ذائبة . وتستخدم في فصل السكر من المولاس (المسل الأسود) . وما أن تفصل سكرات الإستراتيوم حتى يسهل إزالة ذرة الإستراتيوم منه . ويعتبر إيدروكسيد الباريوم أقوى قاعدة بين كل إيدروكسيدات الأرض القلوية . وفي بعض الأحيان تفوق إيدروكسيدات الصوديوم والبوتاسيوم ، لأن الأخيرتين تتصان ثاني أكسيد الكربون من الهواء ( إلا إذا اتخذت احتياطات خاصة ) . وكربونات الصوديوم والبوتاسيوم الناتجة تحمل الإيدروكسيدات غير تقية . وبذئب إيدروكسيد الباريوم ثاني أكسيد الكربون أيضاً ، ولكن كربونات الباريوم الناتجة تختلف عن الكربونات القلوية في أنها لا تذوب بل ترسب كسحق أبيض . وينتج عن ذلك أن إيدروكسيد الباريوم يصفر بشكل ضئيل ولكنه يبقى تقياً .

ومركبات الباريوم سامة جداً . مثال ذلك كربونات الباريوم ( التي عادة ما تستخدم كسم للقران ) ، ومع ذلك فإننا نعطى نوعاً من مركبات الباريوم وبكميات كبيرة تحت إرشاد الطبيب . قد يبدو هذا غريباً ولكن هناك سبباً وجيهاً لذلك .

والاسم العلمي للباريات هو كبريتات الباريوم (ويحتوى الجزيء منها على ذرة من الباريوم وذرة من الكبريت و ٤ ذرات من أكسجين) .

وكبريتات الباريوم غير قابلة إطلاقاً للذوبان في الماء ، بل هي أقل قابلية للذوبان من كربونات الكلسيوم . ولا يمكن أن تضررك مركبات الباريوم إلا إذا كانت على شكل محلول ، لأن الجسم لا يمتص في الأمعاء الدقيقة إلا المواد الذائبة . وطلما أن كبريتات الباريوم غير ذائبة فهي تمر في الأمعاء وتخرج منها دون أن تضررك .

ومع ذلك لا إذا يطلب منك الأطباء أحياناً أن تشرب هذه المادة ؟ الإجابة على ذلك بسيطة : تخترق أشعة إكس الذرات البسيطة، أى الذرات المنخفضة الأرقام، ولكنها بواسطة الذرات ذات الرقم المرتفع تمتصها . وتتكون عظام الجسم أساساً من كلسيوم (عنصر رقم ٢٠) وفوسفور (عنصر رقم ١٥) . وتتكون أنسجة الجسم أساساً من إيدروجين (رقم ١) وكربون (رقم ٦) ونيتروجين (رقم ٧) وأكسجين (رقم ٨) . وعلى ذلك تمر أشعة إكس خلال الجلد واللحم والدم بسهولة أكثر من العظام والأسنان . وتبدو العظام والأسنان بيضاء خلال صورة أشعة إكس . ويمكن للطبيب أن يحدد أين وكيف حدث كسر أو شريح للعظام، ويمكن للطبيب الأسنان أن يحدد إذا ما كانت هناك تجاويف في الأسنان . ولكن أحياناً يرغب الأطباء في معرفة كل شيء، عن أمعاء المريض ، بينما لا تعطى أشعة إكس أية معلومات عنها في الظروف العادية ، ولا يوجد ما يدعو إلى إجراء جراحة لجرد النظر داخلها . لذلك فهم يقدمون للمريض « وجبة باريوم » ، وهي عبارة عن مخلوط من كبريتات الباريوم واللبن المضاف إليه المولت أو ما شابه ذلك (لإعطاء كبريتات الباريوم طعماً مقبولاً) . وبعد ابتلاع هذه الوجبة تستقل كبريتات الباريوم ببطء بطول المعدة والأمعاء وتعلّما بالعنصر رقم ٥٦ . وتوقف كبريتات الباريوم أشعة إكس بدرجة أفضل من العظام ، وهي تصنع رسماً أبيض على لوحة أشعة إكس . ومن شكل الرسم وسرعة تحركه وما إلى ذلك، يستطيع الأطباء تشخيص المرض .

### الأحجار الكريمة والملم :

يوجد حجر كريم يدعى « البيريل » Beryl أو « الزمرد المصرى » وقد عرف منذ زمن طويل . والنوع المعتاد المغمم والأزرق أو الأخضر يعتبر « شبه يمين » ، بينما تعتبر الأنواع الشفافة ثمينة . « والأكوامارين » نوع أزرق شفاف، والزمرد نوع أخضر شفاف ويعتبر أمن الأحجار الكريمة .

وفى عام ١٧٩٨ عزل الفرنسي « ل - ن . فاكيلان » من البيريل مركباً

سماء « جلوسينا » وهو مشتق من الكلمة اليونانية التي تعنى « حلو » ( وقد أطلق عليه هذا الاسم لأن طعم بعض المركبات التي استخدمت في تركيبها الجلوسينا كان حلواً ). وفي سنة ١٨٢٨ عزل كل من الكيميائي «فردريك فوهلر» والكيميائي « م . بوس » العنصر الجديد الموجود في البيريل والجلوسينا . ويسمى هذا العنصر عادة « بالبريليوم » وهو مشتق من اسم « بيريل » المعروف حالياً بسليكات البريليوم والألومنيوم . وعرف هذا العنصر لمدة طويلة باسم الجلوسينيوم نسبة إلى جلوسينا ويعرف حالياً باسم أكسيد البريليوم .

والبريليوم وهو العنصر رقم ٤ ، مثله كمثل المغنسيوم والألومنيوم ، تحميه طبقة رقيقة من الأكسيد عند تعرضه للهجو ، وهو أقل فلزات الأرض الفلزية نشاطاً وأصلحها دون شك . وهو في الواقع يشبه الألومنيوم في بعض التواحي أكثر مما يشبه العناصر الأخرى من مجموعته . ويحدث أحياناً أن العنصر الأول في المجموعة يشبه العنصر المقابل من الجهة اليمنى الدنيا في الجدول الدوري . وهذا مثل على ذلك . ومثل آخر هو الأكسجين الذي يشبه الكلور في بعض التواحي أكثر مما يشبه الكبريت .

وتتحرق أشعة إكس البريليوم بسهولة جداً لأن رقمه الذري منخفض جداً ، لذلك يمكن استخدامه « كسافذة » على أنابيب أشعة إكس . فأشعة إكس تنفذ خلال القطاع الصغير من البريليوم وتخرج كشعاع موجه .

ومنذ عشرة أعوام كان يبدو كما لو أن من الممكن أن يدخل البريليوم إلى الاستخدام الواسع النطاق في المنازل والمكاتب ولكن خوله أدى إلى غير ذلك .

فالأنابيب الزجاجية الأسطوانية التي تحتوى على قدر ضئيل من الزئبق

تمطى أشعة من الضوء وغيرها من الأشعة عندما يمر تيار كهربائي خلالها. وبعض هذه الأشعة هي النوع المرئي الفائق النشاط المعروف بالأشعة «فوق البنفسجية». وبعض المعادن تمتص الأشعة فوق البنفسجية وتعطي الطاقة مرة أخرى في شكل ضوء مختلف الألوان. وفي بعض الأحيان تكون التأثيرات جميلة تماماً. وهذه القدرة على البريق عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية الغير مرئية تدعى «الومضان» Fluorescence.

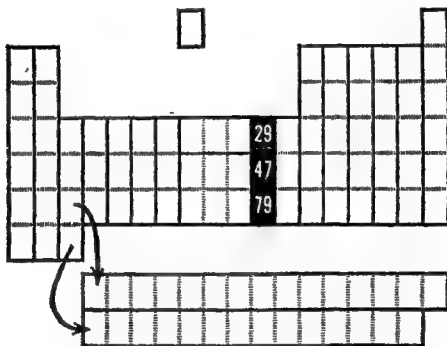
والآن فإن أنبوبة زئبق عادية ليست مريحة تماماً لتقرأ ولتمشي على ضوءها. فلونها أخضر مخيف وغير متع، وإذا ما كان السطح الداخلي للأنبوبة منطى بمسحوق يمتص على مركب البيريليوم، فهذا المسحوق يتألق تحت أشعة الزئبق فوق البنفسجية وينتج ضوءاً أبيض ساطعاً. وكانت النتيجة هي أضواء الفلورسنت التي أصبحت شائعة في المطابخ والمصانع والمكاتب. وكانت هذه الأضواء أكثر كفاءة من الأنابيب المضيئة العادية لأنها أعطت ضوءاً أسطع بدرجة أقل، واستخدمت تياراً كهربائياً بشكل أقل.

وعندئذ ظهرت مشكلة: ذلك أنه إذا ما جرح إنسان بأنابيب الفلورسنت المكسورة فإنه يصاب بجروح لا تلتئم. كما أن لمن يتنفس المسحوق من أنابيب الفلورسنت المكسورة تصيبهم أمراض خطيرة في الرئة لا يمكن الشفاء منها. وهكذا اتضح أن مسحوق البيريليوم المستخدم في أنابيب الفلورسنت هو سم متسلل للغاية وقد يبقى أحياناً لمدة أعوام دون أن يحس به المصاب. ومع ذلك فهو سم قاتل جداً على المدى الطويل.

لقد كان هناك حل واحد يتعين عمله وهو العمل بقدر ضئيل من البيريليوم السام على قدر المستطاع. وأنابيب الفلورسنت الحديثة الصنع تستخدم أشكالاً جديدة من المسحوق بها كميات ضئيلة من البيريليوم أو ليس بها شيء منه على الإطلاق.

الفصل الخامس عشر

النحاس والفضة والذهب  
عنصر النقص



### المعادن الأولية :

لعدة مئات من آلاف السنين ظل الإنسان البدائي يستخدم أدوات مصنوعة من الخشب والحجر . و قد كانت مثل هذه المواد في متناول اليد . وكان من الممكن أن تكون المعادن من الأنواع المختلفة ذات فائدة أكبر بعدة طرق ، ولكن المعادن لم تكن بعد في متناول اليد .

وتتوحد المعادن غالباً في شكل مركبات . وفصل فترات المعدن من الفترات



الأخرى فى المركب ، ليس من السهولة كالتقاط صخرة وتهذيبها فى شكل رأس بلطة .

ولم يتم اكتشاف المعادن إلا منذ ستة آلاف عام . وحتى فى ذلك الوقت فمن الأرجح أن الاكتشاف كان حادثاً عرضياً . وكلما ازداد نشاط المعدن زاد احتمال وجوده على شكل مركبات فقط . وكلما ازداد نشاطه ، كان من الأشق الحصول عليه من المركب . والمعدن الخامل ( من الناحية الأخرى ) من الممكن أن يوجد فى التربة فى شكل حر - أى كمعدن ، أى العنصر نفسه . وإذا حدث أن وجد العنصر شبه الخامل كمركب ، فمادة ما يكون من السهل فصل ذراته .

وتوجد ثلاثة معادن شبه خاملة تتشابه كيميائياً . وهذه هى النحاس ( العنصر رقم ٢٩ ) ، والفضة ( رقم ٤٧ ) ، والذهب ( رقم ٧٩ ) . ويشترك النحاس اسمه من جزيرة قبرص Cyprus الموجودة فى البحر الأبيض حيث كانت هناك مناجم للنحاس أيام اليونان والرومان .

والفضة ، لأنها أكثر خولاً من النحاس ، فمن الأرجح احتمالاً أن توجد خالصة ، ولكنها أيضاً أقل انتشاراً من النحاس . والذهب هو الأكثر خولاً ، وأيضاً هو أندر الثلاثة . وفى بعض الأحيان يوجد الذهب والفضة مختلطين ببعضهما فى شكل سيكة طبيعية ، تدعى « الإلكتروم » .

ونحن لا نعرف أى الثلاثة قد اكتشف فى البداية ، فلقد وجدت عينات من الثلاثة فى بقايا مصرية وبابلية ترجع إلى ٤٠٠٠ عام ق . م . على الأقل .

والشئ الذى يمكن أن يكون قد حدث هو أن أحد الناس كان يقيم ناراً على صخر يحتوى على نحاس أو فضة أو ذهب ، إما خالصة أو فى شكل مركب ( والأرجح أن النحاس هو الذى كان يوجد على شكل مركب ) . وعندما خمدت النار

حدث أن نبش الرجل فى الرمال ، أو لاحظ وجود كرات مدنية صغيرة انصهرت من الصخر بواسطة النار ، ( وإذا كان المعدن هو النحاس فى شكل مركب ، فمن الممكن للكربون المنهّب من خشب الحريق أن يتحد بسهولة بالعناصر الأخرى للمركب ، وأن يترك النحاس خلفه . وربما تتذكر أن الكربون المنهّب يفعل مثل هذا الشيء مع مركبات الحديد ) .

ولقد كان من السهل أن ينجذب رجلنا البدائي إلى لون المعدن وريقه . والمعادن الثلاثة جميلة تماماً . فالنحاس بنى محمر ، والنهّب أصفر ( وهما من المادّن الوحيدة الملونة ) ، والفضة بيضاء . وإذا كان الرجل محباً للاطلاع بدرجة كافية فقد يكون قد طرق المعدن بصخرة ، وربما دهش عندما وجد أنه لا يتأثر مثل الصخر ، أو يتشقق مثل الخشب أو العظم . فبدلاً من ذلك وجد أنه ينشق ويتفطخ ، ومن الممكن طرقه إلى أى شكل .

فلاستخدام الأول لهذه الكتلة المعدنية الصغيرة كان بلا شك للزينة ، وبما أن الإنسان ( والنساء على وجه الخصوص ) يقدر الزينة ، فمن الأرجح أن يكون الإنسان قد بدأ يبحث عن معادن أخرى من جميع الأنواع . ( وبالتناسبه يستمد بعض الناس أن أول اكتشاف للمعادن قد تمّ فى شبه جزيرة سينا حيث تلقى آسيا وإفريقيا ) . وبعزور القرون ، وجد الإنسان أنه يمكنه جعل النحاس أكثر صلابة بإضافة معادن معينة أخرى إليه . ونحن لا نعرف كيف اكتشف ذلك ، ومن الأرجح أن ذلك كان مصادفة : فقد تعلم الإنسان بشكل ما ، أن يضيف قليلاً من الخارصين إلى النحاس فيصنع النحاس الأصفر ولونه أصفر وهو أكثر صلابة وأرخص من النحاس - ثم تعلم أن يضيف إليه قليلاً من القصدير ليصنع البرونز .

والعينات الأولى من البرونز فى المقابر المصرية ترجع إلى ٣٥٠٠ ق . م . ولينة ألفين من السنين أو أكثر كان البرونز هو المعدن القوي ، وكان يستخدم فى التسليح ولؤلؤوس الحراب وفى الخناجر والبنط . وكان أكثر تفوقاً على

الحجر في الصلابة وفي قدرته على الاحتفاظ بطرف حاد . وقبل اكتشاف الحديد لم يكن هناك شيء أفضل من البرونز . ولم يبدأ تطور النحاس إلا في زمن الإمبراطورية الرومانية .

أما اليوم فسيكة النحاس الجديدة تحتوى على ٢٪ من البريليوم ، وهي أصلب من أى سيكة نحاس كانت معروفة للأقدمين - بل ربما بلغت صلابة الصلب ( رغم أنها ليست أرخص ) . ويمكن لقطعة من البريليوم والنحاس أن تنحني إلى الأمام والخلف دون أن تسكسر آلاف المرات أكثر من أحسن أنواع الصلب . وأكثر من ذلك ، فبما أن سيكة البريليوم والنحاس لا يصدر عنها شرار عندما تحتك بمجسم صلب ، فالأدوات المصنوعة منها أكثر فائدة من الناحية العلمية خصوصاً حيث توجد أبخرة قابلة للاشتعال في الجو .

ولقد كانت معادن النحاس والفضة والذهب مفيدة كأدوات للزينة ، كما كانت تمنع منها الأدوات المفيدة لدرجة أن كمية ضئيلة من أى من الثلاثة كانت تساوى عدداً كبيراً من البقر والآفاً من أرانب الجيوب وأكوام الخشب . ولذلك أصبح أمل المرء أن يمتلك هذه المعادن لأنها تمثل ثروة كبيرة في حيز ضئيل : فقطعة من الذهب تساوى عشرة مواشى ، وتشغل حيزاً أقل بكثير من العشر مواشى . وإلى جانب ذلك ، فلا يتعين تنفيذها أو العناية بها . وإذا ما أردت ماشية لتأكلها ، فما عليك إلا أن تقوم بالمبادلة . وقد أدى بحث الإنسان عن الذهب إلى إنتاج ٥٠.٠٠٠ طن منه . وقد يبدو أن هذا ليس كثيراً ، ولكن الذهب من أكثر المعادن ندرة باستثناء بعض المعادن الخاصة التي سأذكرها في الفصل الأخير .

لقد أصبح النحاس والفضة والذهب خاصة وسائل للتبادل . فقد كان الذهب نادراً وكان جيلاً ، وهو لا يفقد بريقه ، ومن الممكن استخدامه كجواهرات أثناء الاحتفاظ به . فبدأت كل المقتنيات تقوم بما يساوى عدداً من أوقيات الذهب .

وحوالى عام ٦٠٠ ق م . بدأت بلدة تدعى « ليديا » فى آسيا الصغرى فى استخدام كتل من الذهب بنحتم حكومى وصورة للملك مطبوعة عليها . وكان الختم يضمن ثقاء الذهب ووزنه . فكانت هذه « عملة » . ثم بدأ الناس فى طلب مثل هذه العملات أكثر من الأوزان المادية المشكوك فى وزنها وثقتها .

ومازالت العملات تصنع حتى اليوم من سبائك من النحاس والفضة والذهب ( فالمادن الفضية رخوة إلى درجة أنها لا تتحمل التداول فى الأيدي التى تتعرض له العملة ) . فانظر إلى العملات الأمريكية على سبيل المثال : فالبنس يصنع من نوع من البرونز ٩٥ ٪ / نحاس و ٤ ٪ / صفيح و ١ ٪ / خارصين . والقطعة ذات الخمسة سنتات تتكون أيضاً من قدر أكبر من النحاس رغم أنها لاتبدو كذلك . إنها ٧٥ ٪ / نحاس و ٢٥ ٪ / نيسكل ، ويحمل النيسكل الخليط رمادياً ويمطى العملة اسمها الشائع . ( وهناك عملات قديمة من « باكتريا » Bactria التى تقع فى الأرض التى ندعوها الآن أفغانستان مصنوعة من النحاس والنيكل أيضاً فى مثل هذه النسبة بالدقة تقريباً ) . والعملات الفضية « كالدايم » dime وربع ونصف الدولار والدولارات تكون من ٩٠ ٪ / فضة و ١٠ ٪ / نحاس . والعملات البريطانية التى جرت العادة أن تتكون من الفضة تصنع الآن من النحاس والنيكل ، مثل القطعة الأمريكية ذات الخمسة سنتات . والعملات الذهبية تتكون من ٩٠ ٪ / ذهب و ١٠ ٪ / نحاس . ولعلك لم ترأبداً فى أمريكا عملة ذهبية لأنه منذ وقت بعيد لم يسمح للذهب بالتداول كعملات فى الولايات المتحدة ، لأن هناك أسباباً اقتصادية معقدة تدعو لذلك . والآن يخزن رصيد أمريكا الذهبى فى « فورت نو كس » .

#### الأسلاك الكهربائية :

والنحاس استخدام هام آخر هذه الأيام أكثر من استخدامه كجواهرات

أو حتى كمالات : فالكهرباء يجب أن تحمل، أو تنقل من مكان لآخر . والمواد التي يمكن أن تنقل الكهرباء خلالها بسهولة تسمى بالموصلات . أما المواد الأخرى فغير موصلة . فالتقازات موصلات ، واللافتازات غير موصلة . ( وهناك بعض استثناءات ، فالإزموت رغم أنه فلز ، موصل رديء — والكربون رغم أنه لافلز موصل جيد ، على الأقل في شكل الجرافيت ) .

وعندما تنقل الكهرباء من مكان لآخر فإننا لا نريد أن نفقد منها شيئاً خلال الطريق . وكلما كان موصلنا أفضل كان ما نفقده من الكهرباء أقل . وإحدى الطرق لمعرفة مدى جودة الموصل التي لدينا هو أن نلاحظ مدى الحرارة التي تنتج فيه عندما يمر خلاله كمية معينة من الكهرباء . فهذه الحرارة ، التي تنشأ بواسطة المقاومة الكهربائية للموصل ، تمثل الكهرباء المفقودة . وكلما كان الموصل أفضل قلت المقاومة وقلت الحرارة وقلت الخسارة في الكهرباء .

وبعض التطبيقات الكهربائية تتضمن تحويل الكهرباء إلى حرارة ، فتصنع أسلاك خاصة لها مقاومة كبيرة تسخن لدرجة الاحمرار بمرور تيار كهربائي فيها . وعندما تستعمل آلة نمحر كهربائية مثلاً ، فإنك تريد الاستفادة من الحرارة على شكل حرارة لأنك تريد الاستفادة من الحرارة .

ولنفترض أنك أتيت بمدد من الأسلاك المصنوعة من معادن مختلفة ، وكلها بنفس السمك ونفس الطول ، ومررت فيها نفس الكمية من الكهرباء ، فستجد أن أسلاك النحاس — دونها جميعاً — أقلها إنتاجاً للحرارة . وعلى ذلك فالتفضية هي أحسن موصل كهربائي ، ويلبها في هذا النحاس .

ولو أعطينا أرقاماً تدل على جودة التوصيل وأعطينا التفضية رقم ١٠٠ ، فسيكون النحاس ٩٥ ، والذهب ٦٧ ، والألومنيوم ٥٨ ، والحديد ١٦ . وبما أن جودة

النحاس قريبة من الفضة، وهو أرخص منها بكثير، فيستخدم النحاس في صناعة معظم الأسلاك الكهربائية. بل يستخدم أكثر من نصف النحاس المستخرج في صناعة الأدوات الكهربائية بطريقة أو أخرى. (وقد ذكرت سابقاً أن الألومنيوم يستخدم في المسافات الطويلة لتوفير النحاس). ومع أن الفلزات القلوية هي أكثر الفلزات تفعلاً في خصائصها للمدنية، وهذا فيما يتعلق بخصائصها الكيميائية، إلا أنها ليست موصلة جيدة للكهرباء. ويعتبر الصوديوم أحسن القلويات توصيلاً للكهرباء. وتبلغ درجة توصيله، حسب التنظيم السابق، ٣٥ درجة.

وخلال الحرب العالمية الثانية نقص احتياطي النحاس بشكل كبير مما أدى إلى سحب احتياطي الفضة من أقيية الحكومة في «فورت نوكن» واستخدامه كوصلات في «أوك ريدج» (وقد أعيدت الفضة بعد انتهاء الحرب). بل وقامت الحكومة بتجارب سنة ١٩٤٣ لسك عملات البنس من النحاس ولكن هذه التجارب فشلت. وقد أخطأها الكثيرون وهي جديدة، واعتقدوا أنها «دائم» وبمضي الزمن تحولت إلى اللون الأسود الرمادي، وأصبح منظرها قبيحاً ولم يرتح إليها الناس، مما جعل الحكومة سنة ١٩٤٤ رغم نقص النحاس تعود إلى البنس النحاسي.

ويعتبر النحاس عنصرأ نادراً هاماً في الأنسجة الحية (مثل الكوبلت)، كما أن لبعض الحيوانات دماً أزرق حقيقياً، مثل الكابوريا والوبسترو القواقع والحبار. فيحتوي دمها على «هيموسيانين». وهو يحمل الأكسجين بنفس طريقة الهيموجلوبين. والهيموسيانين مركب أزرق يحتوي جزيئه على ذرات النحاس.

### المصوغات :

ويعتبر النحاس أقل العناصر الثلاثة خلواً، وبالتالي فهو أقلها صلاحية في عمل المصوغات. فيتمريضه للجو يتغطى بطبقة بيضاء من الأكسيد لا تحمده بالأكسجين،

ثم تتحول تدريجياً إلى اللون الأخضر لاتحادها بمركبات الكبريت الموجودة في الجو مكونة كبريتات قاعدية . وتكون « كلوريد قاعدية » بالقرب من البحر ( وهو أخضر أيضاً ) لوجود كلوريد الصوديوم في رذاذ ماء البحر .

وهذه القشرة الخضراء جذابة ، ولهذا فلها قيمتها . وتمثال الحرية المشهور بميناء نيويورك هو أحد الأمثلة التي تستحق المشاهدة ، فهو مصنوع من النحاس ولونه الآن أخضر مزرق ، وتحمي القشرة الخضراء المزرقة النحاس الذي تحميها من مزيد من التغيرات . ( ويطلق على هذه القشرة أحياناً اسم « الجوزار » ) .

ويوجد خام نحاس ويسمى « مالايت » وله نفس اللون الجذاب ، وقد استعمل في صناعة الأشياء ذات الجمال الفني الرائع . وقد زود هذا المركب وغيره من مركبات النحاس الفنانين بألوان الأزرق والأخضر بمدة درجات .

ولا يرجع هذا اللون في مركبات النحاس إلى النحاس ذاته ، فمثلاً كبريتات النحاس اللامائية لونها أبيض ( يحتوي الجزيء على ذرة نحاس وذرة كبريت وأربع ذرات من الأكسجين ) . ومع ذلك فلذا أضيف إليها الماء فإن كل جزيء من كبريتات النحاس يتحد مع خمسة جزيئات من الماء بشكل غير ثابت . ويسمى هذا الماء المرتبط بشكل ضعيف « بماء التبلور » ، ويمكن استبعاده بالتسخين . ولون كبريتات النحاس اللامائية أزرق داكن جميل .

وتتغير كثير من الأملاح مثل كبريتات النحاس ، وتختلف خواصها . وعند التخلص من ماء التبلور يقال عن الجزيئات إنها أصبحت « لامائية » .

وكثيراً ما يحدث أن الأملاح اللامائية لا تكون بلورات . أما الأملاح اللامائية فتكون بلورات جميلة . وهذا ما ينطبق على كبريتات النحاس . ولهذا السبب كثيراً ما يطلق على ماها اسم « ماء التبلور » .

وهذه المناسبة نمتصم كبريتات النحاس في إيادة النباتات الميكروسكوبية

المعروفة بطحالب الماء . وعادة ما يبدو السطح الداخلي للجوامات السباحة أزرق . ويرجع السبب في وجود هذه الطبقة أو غيرها إلى مركبات النحاس . وتستخدم أيضاً لرش وقتل العفريات التي تنمو على الأشجار أو كروم العنب .

والفضة معدن جميل جداً ، يصنع منه الكثير من الأدوات المنزلية مثل الصواني والأطباق وأدوات المائدة . وقد قل انتفاها الآن باستخدام « الصلب » الذي لا يصدأ الحديث . ولكن لازال الكثيرون يملكون أطقماً من السكاكين والشوك والملاعق الفضية على أنواع مختلفة . وقد تصنع الأشياء من « الفضة الصرفة » الصلبة ( وهي في أمريكا عبارة عن سبيكة مكونة من ٩٠٪ فضة و ١٠٪ نحاس ، بينما هي في إنجلترا ٩٢.٥٪ فضة و ٧.٥٪ نحاس ) أو تصنع « بطلاء الفضة » ، وهي تنطية مسدن رخيص مثل الحديد بطبقة من الفضة ترسب عليها بواسطة الطلاء بالكهرباء .

ويقم لمان الفضة بسهولة بواسطة المركبات المحتوية على الكبريت ، ففي مدينةتنا الصناعية الحديثة يتصاعد الدخان من المصانع وهو يحتوي على كمية صغيرة من مركبات الكبريت . وهذه تتفاعل مع الفضة وتكون طبقة سوداء بنية من كبريتيد الفضة . وكذا يمكن تلويث الفضة بسهولة بالبيض الغني بمركبات الكبريت .

ونظراً لأن الذهب أكثر العناصر الثلاثة غلواً ، فهو أكثرها صلاحية لعمل المصوغات . فهو لا يتأثر بالأكسجين ، أو بمركبات الكبريت ، أو بأي حامض آخر معروف .

والذهب النقي رخوا جداً ، ولذا لا يصلح لصناعة المصوغات ويلى من كثرة تداوله . ولذا تضاف إليه كمية من النحاس ليزيد من صلابته واحتماله . وتماش نقاوة الذهب « بالقيراط » ، فذهب النقي عياره ٢٤ قيرطاً . والعملات الإنجليزيرة الذهبية ( ٩٢٪ ذهب ) عيارها ٢٢ قيرطاً ، بينما العملات الأمريكية ( ٩٠٪ ذهب )



عيارها ٢١٫٦ قيراطاً فقط . وغالباً ما يكون عيار الذهب المستخدم في المصوغات ١٤ قيراطاً أى  $\frac{14}{24}$  ( ٥٨ / ) ذهب و  $\frac{10}{24}$  ( ٤٢ / ) نحاس .

ويمكن جعل المصوغات الذهبية رخيصة بزيادة نسبة النحاس في السبيكة . ولكن إذا زاد النحاس عن نسبة معينة ، فإنه يكون مركبات نحاسية خضراء بتعرضه للهجو . وهذا يفسر السخرية بالمصوغات الرخيصة التي توزع في عيد الميلاد ويقال إنها « تخضر في الربيع » . كما أن الكلور يؤثر على الذهب .

ولم يعرف كيميائيو العصور الوسطى شيئاً عن الكلور ، ولكنهم وجدوا أنه يخلط حامض النيتريك وحامض الاليدوكلوريك يمكن لهذا المزيج أن يذيب الذهب . وقد سمي المزيج « بالماء الملصكي » ، لأنه يذيب « ملك المعادن » . وما زال هذا الاسم موجوداً في الكيمياء الحديثة . ولا يذيب الحامضان الذهب ، فعند تفاعلها معاً يتصاعد غاز الكلور ويتحول لون المزيج إلى الأخضر ويمكن شم رائحة الكلور في الهواء الذي يملوه . والكلور هو الذي يذيب الذهب .

### التصوير الفوتوغرافي :

ويمكن فصل الفضة من مركباتها كأي معدن متوسط التحول . وكلوريد الفضة ، وهو من مركبات الفضة المعروفة ، مادة بيضاء يحتوي الجزيء منها على ذرة من كل من الفضة والكلور . وإذا عرض كلوريد الفضة إلى الضوء ، فإن الطاقة الضوئية كافية لفصل الذرات بعيداً عن بعضها ، فيتصاعد غاز الكلور ببطء وتتبقى الفضة على شكل مسحوق دقيق جداً . ولون مسحوق الفضة ( كمعظم مساحيق المعادن ) أسود .

وهناك العديد من المواد الكيميائية التي تفتت كلوريد الفضة وتكون معدن

الفضة . ولو عرض كلوريد الفضة أولاً للضوء فإنه يسهل عمل المواد الكيميائية . وينطبق هذا حتى إذا استخدمنا كمية ضئيلة من الضوء لا تكفي في حد ذاتها لتحطيم كلوريد الفضة . فالضوء يساعد على تحليل كلوريد الفضة .

فلو دهنا قطعة من الورق بكلوريد الفضة ( أو ببعض مركبات الفضة المشابهة ) ووضعناها في غرفة مظلمة ، وبسمحنا للضوء المنعكس من جسم ما بأن يمر خلال ثقب رفيع أو عدسة إلى داخل الصندوق ، فإنه يكون صورة للجسم على صفحة الورقة . ويسمح للضوء أن يسقط على الورقة لفترة قصيرة ثم تنزع الورقة ( في الظلام ) وتوضع في محلول كيميائي ( يسمى المظهر ) لتحليل جزئ كلوريد الفضة . وتلاحظ أن أجزاء كلوريد الفضة التي تعرضت للضوء المنعكس هي فقط التي تحطمت وتحولت إلى اللون الأسود نتيجة لتكوين مسحوق الفضة . ولا تتأثر الأجزاء الأخرى وتظهر بيضاء على الورقة .

وبهذه الطريقة تمكس أجزاء الصورة البيضاء كمية من الضوء وتطبع على الورقة باللون الأسود . أما أجزاء الصورة السوداء أو الداكنة اللون فلا تمكس من الضوء مثلما يمكنه الأبيض وتطبع بلون أبيض . ويظهر أي إنسان له وجه أبيض وشفتان حمراوان وشعر أسود في الصورة كإنسان بوجه أسود وشفاة بيضاء وشعر أبيض . وهكذا نحصل على « الصورة السلبية » .

وإذا جهزنا هذه السلبية على لوح شفاف ، مثل الزجاج ، فإن الضوء يخترقه إلى قطعة من الورق عليها كلوريد الفضة . وعندئذ نكس العملية فيعبر الضوء خلال الشفاف والشعر الذي لم يتأثر في السلبية وتطبع باللون الأسود على الورقة . أما الوجه الأسود فيمنع مرور الضوء فيظهر أبيض على الورقة ونحصل في النهاية على « الصورة الإيجابية » أو باختصار على الصورة نفسها .

ولكن لو عرضنا هذه الصور السلبية أو الإيجابية للضوء فإن الأجزاء التي لم تسود يبدأ لونها بسود بازدياد الضوء . ولذلك يجب معالجتها بمادة كيميائية تعرف « بالثابت » قبل تعريضها للضوء ، وهو يذيب كل كلوريد الفضة المتبقى تاركاً فقط آثار مسحوق الفضة الأسود . « ونيوكبريتات الصوديوم » هي المادة الكيميائية المستخدمة لهذا الغرض ( ويحتوى الجزئ على ذرتين من الصوديوم وذرتين من الكبريت وثلاث ذرات من الأكسجين ، ويسمى عادة ملح الهايو ) .

وتمت أول عملية تصوير فوتوغرافي سنة ١٨٣٧ ، قام بها رجل فرنسي يدعى « ل. ج. داجير » ، ولذا سميت الصور الفوتوغرافية القديمة « داجريوتيب » . وحدثت تطورات هائلة في التصوير الفوتوغرافي منذ ذلك الوقت ، فتم تحضير مركبات الفضة على درجة كبيرة من الحساسية يكفيها جزء من الثانية لتتعرض للضوء . ( ففي الأزمنة القديمة كان الناس « يقفون » لحظات ، أما الآن فيمكن أخذ صورة سريعة أثناء الحركة ) . وتستخدم الآن مادة تسمى تروسيليلوز ، وهي مصنوعة من الخشب المضاف إليه حامض النيتريك ، وهي مادة مرنة مطاطة وشفافة ، وتحضر على شكل لفائف طويلة وتستخدم في عمل الصور السلبية والإيجابية . وأول من حضر مثل هذه الأفلام هو الأمريكي « جورج إيسمان » سنة ١٨٨٤ . وبما أنه يمكن الحصول على آلاف الصور السلبية على فيلم واحد ، فقد أصبح من الميسور عمل الصور المتحركة . وتدرجياً وابتداء من سنة ١٩٠٩ حلت خلايا السيليلوز ( وهي أيضاً من الخشب ) محل النتر وسيليلوز . وخلايا السيليلوز أقل قابلية للاشتعال ، ولذلك فهي أقل خطورة . وحالياً يستخدم  $\frac{1}{4}$  الفضة المستخرجة من المناجم في التصوير الفوتوغرافي .

أما يوديد الفضة ، وهو أحد مركبات الفضة ( ويتكون جزئيه من ذرة من الفضة وذرة من اليود ) ، فله استعمال حديث مشوق . فيمكن نثره وهو على شكل

مسحوق دقيق من الطائرات على السحب ، فتجتمع نقط من الماء حول كل جزء .  
وبهذه الطريقة يمكن يذر السحب وتبدأ عاصفة من الأمطار . والمطر الصناعي  
هو حل لمشكلة الجفاف .

### العنصر العديم الثبات :

إن النحاس والفضة عنصران جذابان وقيان ومفيدان . ومن الصعب أن  
تتصور الكهرباء بدون أسلاك نحاسية ، أو التصوير الفوتوغرافي بدون الفضة .

ولكن ماهى الفوائد العملية للذهب ؟ إنه نادر . ويمكن أن تستعمله في  
المصوغات . ويمكن أن يستعمل في حشو الأسنان . وإذا أضيفت أجزاء صغيرة منه  
إلى مصهور الزجاج أعطته لوناً أحمر منهداً أو قرنفلياً . ويستعمل هذا « الزجاج  
الياقوتى » فى عمل زجاج التوافذ الملون . ( ويقوم النحاس بنفس العمل ، بينما يحل  
أكسيد النحاس لون الزجاج إلى الأزرق أو الأخضر ) .

ويعتبر الذهب أكثر المعادن قابلية للطرق ، أى يمكن طرقه وتحويله إلى صفائح  
رقيقة للغاية ( وتليه الفضة فى هذا ) . وقد كان شائع الاستعمال فى يوم من الأيام  
فى كتابة الحروف على أغلفة الكتب ، ولا يزال مستعملاً فى كتابة الحروف على  
أبواب المكاتب . وهذه الحروف جذابة ولا تقم ولا تتلاشى مع الزمن ، والورق  
رقيق جداً بحيث لا يتكلف كثيراً .

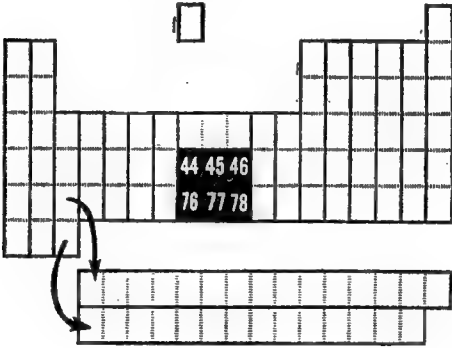
وهذه تقريباً هى كل فوائد الذهب . وكما ذكرت سابقاً فهو لا يستعمل حالياً  
كمعاملات فى الولايات المتحدة .

ومن الحقائق الميزة عن الذهب ثقله الشديد ، فهو من أثقل المواد المعروفة .  
بل هو أثقل من الصلب بثلاثة أضعاف . فزن البوصة المكعبة من الحديد أو الصلب  
١٤ أوقية ، ومن النحاس ٥ أوقيات ، ومن الفضة ٦ أوقية ، ومن الذهب  
١١ أوقية .

ومن الحكايات المضحكة ما يقال عن الرقيقين الذين يأتون إلى المدينة ، فيبيع لهم النصابون « طوباً من الذهب » . وهذا الطوب ما هو إلا طوب مغطى بدخان ذهبي . وفي الواقع ليس من الضروري أن تعرف كل شيء عن الذهب لكيلا يخدعك أحد . فيكفي أن تعرف مدى ثقل الذهب . فلو افترضنا أن هناك جسماً كبيراً مثل قالب الطوب أي  $2 \times 4 \times 8$  بوصة أو ٦٤ بوصة مكعبة ، لو جدنا أن مثل هذا القالب يزن حوالي ستة أربال أو أقل . أما قالب الطوب المصنوع من الذهب الصلب فلن يقل وزنه عن ٤٤ رطلاً . فعندما ترى نصابياً يحمل على يد واحدة « طوبة من الذهب » ، فتعرف أنه ليس ذهباً حتى بدون أن تنتظر إليه ( إذ لو كان حقيقة من الذهب لبلغ ثمنه عشرين ألفاً من الدولارات في أيامنا هذه ) .

## الفصل السادس عشر

### البلاطين العنصر النبيل



الهيليوم	النيون	الargon	ال крипبتون	الxenon	الرادون
Helium	Neon	Argon	Krypton	Xenon	Radon

#### مقدمة النبيل :

قلت فيما سبق إن الغازات الخاملة ( أي الهيليوم وأتاريه ) تسمى في بعض الأحيان « بالغازات النبيلة » لأنها لا تشكل مركبات . ويبدو أن بعض الناس يعتقدون أن هناك نوعاً من الأرستقراطية في اتجاهها الترفعي .

وليس هناك عناصر أخرى « نبيلة » بشكل كامل . فجميع العناصر الأخرى تشكل مركبات . ولكن بعض المعادن - الذهب مثلاً - تفعل ذلك بصعوبة .

ونظراً لأن الذهب لا يتأثر بواسطة الأكسجين أو الكبريت أو الأحماض فهو يدعى في بعض الأحيان « معدناً نبيلًا » .

والعنصر الأكثر « نبلا » من الذهب هو البلاتين ( العنصر رقم ٧٨ ) . ولقد اكتشف هذا العنصر الفضي أول مرة في أمريكا الجنوبية . ويأتى اسمه من كلمة أسبانية تعنى « الفضة الصغيرة » ، مشيرة إلى مظهره . والأرجح أنه كان معروفاً لسكان المحليين منذ زمن طويل . ولكن أول أوروبي أشار إليه كان عالم طبيعة إيطالياً يدعى « جوليوس سيزار سكالجر » في عام ١٥٥٧ . ولقد درسه العالم الألباني « دون أنطونيو دى إلوا » لأول مرة بشكل منظم عام ١٧٤٨ ، رغم أنه لم يكن قد استقر بعد بعنصر حتى عام ١٧٧٤ .

ونظراً لأن البلاتين لا يتفاعل مع معظم المركبات فإن ذلك يجعله عنصراً مفيداً في معامل الكيمياء : فالأنايب الصغيرة التي تدعى بالوقعات يمكن أن تصنع من البلاتين . وعندما يكون من الضروري تسخين المواد بدرجة كبيرة ، فغالباً ما يمكن تسخينها في هذه البواتق دون خشية أن تؤثر في البلاتين أو أن تتأثر به ، وبما أن البلاتين ينصهر عند درجة حرارة ١٧٧٤ مئوية ، فمن الممكن أن يسخن حتى درجة البياض دون أضرار .

وعندما تنتقل الكهرباء خلال ماء يحتوى على مواد كيميائية ذائبة ، يخلب أن تحدث تغيرات كيميائية . وغالباً ما تحدث هذه التغيرات عند الأقطاب ، أى عند قطع المعدن الداخلة في المحلول ، كموصلات لتيار الكهربائي . وإذا كان من المحتمل أن تؤثر التغيرات الكيميائية على الأقطاب المادية فتستخدم أقطاب البلاتين بدلاً منها .

والبلاتين لا يتأثر حتى بالفلور إلا إذا كان البلاتين مسحقاً لدرجة الاحمرار ،

وحق عند ذلك فالتفاعل يكون بطيئاً . والواقع أن الفلور فصل لأول مرة بأدوات مصنوعة من البلاتين .

والبلاتين ليس « نيلاً » بشكل كامل بالطبع . « ظاهراً للملكى » يمكنه أن يذويه . وبعض المعادن يمكن أن تمتزج به . والكيميائي الذي يستخدم أدوات من البلاتين يجب أن يتذكر على الدوام الأشياء القليلة التي تؤثر في البلاتين . ويجب أن يحرص على ألا يقرب البلاتين من هذه المواد ، لأن البلاتين يساوى الذهب على الأقل في قيمته ، ولذا يلزم عدم إتلاف أى قدر منه . فلاذابة المواد الفلورية مثلاً لا تستخدم بواتق البلاتين ، بل يجب أن تستخدم بدلاً منها بواتق الفضة وربما الحديد .

وندره ونحول البلاتين تجعلانه مناسباً للمصوغات ، وهو غالباً ما يستخدم كقاعدة لتركيب اللامس . والبلاتين هو أحد المعادن التي تميزها بالذهب عندما تزيد التخلص من اللون الأصفر للذهب . والشكل الأكثر شيوعاً من مثل هذا الذهب الأبيض به ١٠٪ من البلاتين وكية ضئيلة من معدن الخارصين . ويصنع نوع أكثر قيمة أيضاً يدعى بالذهب البلاتيني المكون من ثلاثة أجزاء من الذهب وجزئين من البلاتين . وغالباً ما يستخدم الذهب الأبيض في الحلى .

ولقد وجد البلاتين لأول مرة في روسيا ، واستخدم بواسطة المزيّفين الذين طلوه بالذهب وقدموه كملة ذهبية . وعندئذ أصدرت روسيا في الثلاثينيات والأربعينيات من القرن التاسع عشر عملات بلاتينية قانونية . وعندما ارتفع ثمن البلاتين ، توقف سك النقود منه وتوقف ما كان يصعب ذلك من تزييف .

#### العناصر الستة المتشابهة :

وعادة ما توجد المعادن الأخرى التي تشبه البلاتين إلى حد ما معه في خاماته : إنها خمسة إلى جانب البلاتين . والستة ما تدعى « بالمعادن البلاتينية » . وهذه



المعادن الستة تقسم إلى مجموعتين ثلاثيتين ، تدعى « بالثلاثيات » . ولكل مجموعة أرقام متتالية للعناصر .

وتتكون الثلاثية الأولى من الروينيوم رقم ٤٤ ، والروديوم رقم ٤٥ ، والبالاديوم رقم ٤٦ . وتتكون الثلاثية الثانية من الأوزميوم رقم ٧٦ ، والإيريديوم رقم ٧٧ ، والبلاتين بالطبع ورقه ٧٨ ، وهي جميعاً معاداً البالاديوم أعلى من الذهب .

وإذا ما انظرت إلى الجدول الدوري ، في بداية أو نهاية الكتاب ، فسترى أن هاتين الثلاثيتين من العناصر توجدان مباشرة تحت ثلاثية سبق لي أن تناولتها - الحديد والكوبالت والنيكل رقم ٢٦ و ٢٧ و ٢٨ . ولا تشبه المعادن البلاتينية الحديد والكوبالت والنيكل كثيراً ، ومع ذلك فهي جميعها ليست غريبة عنها تماماً . فالعناصر البلاتينية توجد بكميات ضئيلة في مناجم النيكل الكندية .

ولمدة حوالي سبعين عاماً بعد اكتشاف البلاتين ظل هو المعدن البلاتيني الوحيد المعروف . وبعد ذلك فيما بين عامي ١٨٠٣ — ١٨٠٥ فصلت أربعة من الأقارب الخمسة لبلاتين . فاكتشف رجل إنجليزي يدعى « و . ه . ولاستون » البالاديوم والروديوم . ولقد أطلق على الروديوم هذا الاسم من الكلمة اليونانية « الوردة الحمراء » ، لأن بعض مركباته لها هذا اللون . وسمى البالاديوم نسبة إلى السكوكب « بالاس » الذي كان قد اكتشف في السماء قبل ذلك ببضعة أشهر فقط . وفي نفس الوقت ، كان رجل إنجليزي يدعى « سميثسون تانت » يدوس ماتبقى بعد إذابة البلاتين الحام في الماء الملكي وقد عثر في البقايا غير الذائبة على الأوزميوم والإيريديوم . ولقد سمي « الأوزميوم » نسبة إلى كلمة يونانية تعني « الرائحة » ، لأن مركبه مع الأكسجين وهو ثالث أكسيد الأوزميوم ، كانت له رائحة نفاذة حادة بشكل ملحوظ . ( وثالث أكسيد الأوزميوم سام جداً

أيضاً . ويتكون جزيئه من ذرة من الأوزميوم وأربع ذرات من الأكسجين) .  
وسمي الإيريديوم نسبة للكلمة اللاتينية التي تعنى « قوس قزح » لأنه يشكل  
مركبات متعددة الألوان — أخضر وأحمر وبنفسجى في الغالب .

ولقد غاب الروثينيوم عن الملاحظة لفترة . وإذا أنه موجود في خامه البلاتين  
بكميات ضئيلة فقط ، فإنه أندر المعادن البلاتينية . ولقد اكتشف أخيراً في عام  
١٨٤٤ بواسطة كيميائى يدعى « ك. أ. كلوز » كان يشتغل على خام البلاتين  
من جبال الأورال في روسيا . ولقد سماه نسبة إلى روثنينا ، وهو اسم قديم  
لروسيا .

### الأنبل والأثقل :

وبما أن الأوزميوم والإيريديوم قد اكتشفا في البقايا المتخلفة من إذابة  
البلاتين في الماء المللكى ، فمن الواضح أن هذين المعدنين تأثران بهذه الكيمائيات  
القوية ، وربما كانا أنبل من البلاتين . والروديوم والروثينيوم أيضاً « أنبل »  
من البلاتين في بعض النواحي . ويمكن أن تستخدم بؤنقات الروديوم عند درجات  
الحرارة الأعلى من تلك التى يبدأ عندها البلاتين في الذوب . ومع ذلك فالبلاديوم  
يذوب في الماء المللكى مثل البلاتين . ومن بين جميع المعادن ، فالإيريديوم هو  
الأكثر « نبلاً » .

وتعطى القضة بالروديوم أو بالبلاديوم أحياناً لعمل مرايا أو كشافات ، لا يكون  
للمركبات المحتوية على الكبريت تأثير عليها بضعع لماتها . ويبقى السطح المصقول  
لامعاً على الدوام .

والأوزميوم والإيريديوم أصلان من البلاتين . وفي الواقع فالبلاتين النقى  
ألين من أن يستخدم في أدوات العامل ، فيضاف إليه قليل من الإيريديوم ( ١٠ / ١ )  
لصناعة سبيكة تجعله صلباً بما فيه الكفاية للاستعمال .

وهذه السبيكة من البلاتين والإيريديوم تصبها تستخدم كقياس معيارى (وهى مقياس أساسى يجب أن تضاهى عليها كل المقاييس المشابهة) . وهناك مثلاً فى مكان مأمون فى ضواحي باريس قضيب من سبيكة البلاتين والإيريديوم عليه علامتان : والمسافة بين العلامتين عند درجة الصفر المئوية متر واحد . وهذا هو « المتر المييارى الدولى » . ولقد وافقت معظم بلدان العالم على تعريف مقاييسها للأطوال وفقاً لهذا المتر : فلياردة مثلاً هى ٩٠٠ . أو ٩٣٦ ر. من المتر بالذقة .

وهناك أيضاً كتلة من سبيكة البلاتين والإيريديوم يدعى وزنها الكيلو جرام ، وهذه هى المقياس المييارى للوزن (يساوى الكيلو جرام حوالى  $\frac{2}{3}$  من الرطل) .

ويشكل الأوزميوم والإيريديوم سبيكة تدعى الأوزميديوم . وتوجد هذه السبيكة بشكل طبيعى ، وعادة ماتحتوى على بعض المادن البلاتينية الأخرى أيضاً . والأوزميديوم صلب جداً وهو يستخدم فى بعض الأحيان لصناعة أسنان الأقلام والإبر القونوغرافية .

والمادن البلاتينية موصلة رديئة للكهرباء بشكل عام . إنها تعادل سدس جودة النحاس أو الفضة نحسب . وهذه الخاصية مفيدة فى بعض الأحيان . فلوصل الرديء للكهرباء ، كما رأينا ينسخن عندما تنقل الكهرباء خلاله . وإذا كان السلك رقيقاً بدرجة كافية فيمكن للحرارة أن تجعله يتوهج حتى البياض . ولهذا السبب استخدم الأوزميوم يوماً ما كسلك حرارى فى مصابيح الضوء الكهربائى . وللأوزميوم أعلى درجة انصهار بين جميع المادن البلاتينية (٢٧٥٠ درجة مئوية) حتى إن حرارة البياض لاتصهره .

والمادن البلاتينية ثقيلة . فثروينيوم والروديوم والبالاديوم أثقل من الفضة .

والأوزميوم والإيريديوم والبلاطين أثقل من الذهب وهى فى الواقع أثقل المواد التى توجد على الأرض .

والبلاطين أثقل بمقدار ١٠ / ٦ من الذهب . وقالب الذهب الذى وزنه ٤٤ رطلا وزن ٤٩ رطلاً إذا ما كان مصنوعاً من البلاطين . والإيريديوم والأوزميوم أثقل من ذلك . فالقالب المصنوع من أى منها وزن ٥١ رطلاً . ( والأوزميوم أقل وزناً بمقدار ثاقفه عن الإيريديوم الذى هو أثقل المواد المعروفة ) .

### المسحوق الأسود يسرع التفاعل :

فى وجود البلاطين ، يتحد الإندروجين مع الأكسجين فى درجة الحرارة العادية ويلتصق بمديد من الجزيئات المفضية . وفى وجود البلاطين يتحد الأكسجين مع ثانى أكسيد الكبريت لتكوين ثالث أكسيد الكبريت . وهذه إحدى الخطوات فى تكوين حامض الكبريتيك العظيم النفع . وفى كل هذه التواحي يعمل البلاطين كعامل مساعد .

وإذا ما كسر البلاطين إلى قطع صغيرة فإنه يؤدى عمله هذا بشكل أفضل . وإذا ما سحق بهذه الطريقة بدا أسود اللون كما هو الشأن فى جميع المعادن المسحوقة . وهو فى هذه الحالة يدعى « أسود البلاطين » . وتسهل استخدام كميات صغيرة من هذه المادة النافعة ، زربها على مادة خاملة مثل الأسبتوس . « فالأسبتوس المبلتن » هو عامل مساعد يستخدم فعلاً فى عديد من العمليات الصناعية . والتفاعلات الكيميائية التى تستغرق وقتاً طويلاً بدونها ، تتقدم بسرعة عند استخدامها .

والتكاليف هى العائق الوحيد ، لأن البلاطين ظالى الثمن جداً . ولنا نستخدم بدلاً منه مواد كيميائية أخرى تقوم بالعمل مثله . وهى ليست عادة فى مثل هذه الجودة ، ولكن رخصها يعوض النقص فى كفاءتها .

والبالاديوم أيضاً عامل مساعد جيد في التفاعلات الإيدروجينية . والشئ المثير عن البالاديوم هو الطريقة التي يتمص بها الإيدروجين . فقطعة البالاديوم تمتص ما مقداره خمسمائة مرة من حجمها من الإيدروجين في درجات الحرارة العادية ( وهي زداد انتفاخاً عندما تفعل ذلك ) ، وهي تمتص إيدروجيناً أكثر في درجات الحرارة الأعلى . ويمر الإيدروجين مباشرة عبر ورقة من البالاديوم باتجاهه معه من ناحية ، وانطلاقاً مرة أخرى من الجهة المقابلة . والمعادن البلاتينية الأخرى تمتص أيضاً الإيدروجين ولكن بدرجة أقل من البالاديوم .

ويستخدم البالاديوم في الحلي أيضاً كالبلاتين . ومن الممكن استخدامه لإنتاج نوع آخر من الذهب الأبيض . فمتداً مزج تسعة أجزاء من الذهب مع جزء من البالاديوم لتشكيل سبيكة يتكون « ذهب البالاديوم » الأبيض اللون .

ويتمدد البلاتين بارتفاع الحرارة ويتقلص بانخفاضها ، مثلما تفعل معظم المواد . ومقدار تمدده وتقلصه يكاد يكون مثل الزجاج العادي . وهذا يعني أنه إذا ما تجمد الزجاج المنصهر حول سلك بلاتيني ، تتمدد المادتان وتتقلصان جنباً إلى جنب بتغير درجات الحرارة . ومعظم المعادن الأخرى تتمدد وتتقلص أكثر أو أقل من الزجاج . وإذا ما تجمد الزجاج حول أسلاك من مثل هذه المعادن ، ففي كل مرة تتغير فيها الحرارة لا بد أن يحدث جذب عند التقاء المعدن بالزجاج ، وينكسر شئ ما . ولهذا السبب فالأسلاك الموجودة داخل صمامات الضوء الكهربائي عادة ما ترتبط بالخارج بأجزاء صغيرة من أسلاك البلاتين الملتصقة بالزجاج . واليوم لدينا سبائك خاصة مصنوعة من معادن رخيصة تتمدد وتتقلص بالدفقة مثل الزجاج ، والأسلاك المصنوعة من هذه السبائك تستخدم الآن بدلاً من أسلاك البلاتين ، وأحد هذه الأنواع هو سبيكة من النيكل والحديد المعروفة بالبلاتينيت .



(في وصف جنات عدن) فتكلم الإنجيل عن أرض هافيل حيث يوجد « البديوم ». ولا أحد يدري بشكل قاطع ما هو « البديوم » ولكن يظن أنه القصدير أو سبيكة محتوية على القصدير .

وكن أول استخدام هام للقصدير في صناعة البرونز الذي كان أصله معدناً معروفاً لعدة آلاف من السنين . ( وفي هذه الأيام بإضافة قليل من الفوسفور ينتج « برونز الفسفور » وهو أصلاً من البرونز الذي عرفه الأقدمون ) . فقد أبحر الفينيقيون الذين عاشوا على الساحل الشرق للبحر الأبيض المتوسط مسافات طويلة إلى جزر القصدير الصعبة في الأطلنطي البعيد ، جالين معهم خام القصدير . ولقد حرسوا الموقع السري لجزر القصدير بنائية شديدة ظناً منهم أنهم كانوا أئوحيدين الذين يعرفون من أين يحصلون على خام القصدير وأن هذا سيمكنهم من أن يطالبوا بسر مرتفع جداً له . ومع ذلك فنحن على تمام التأكد من أن جزر القصدير كانت هي مقاطعات كورنيش Cornish في الطرف الجنوبي الغربي من بريطانيا العظمى إلى جانب بعض الجزر الصغيرة البعيدة عن الساحل .

وما زال القصدير موفوراً هناك في شكل أكسيد القصدير يك الذي يحتوى جزيئه على ذرة من القصدير وذرتين من الأكسجين . ويدعى خام أكسيد القصدير بك « الكاسيتيريت » أو « حجر القصدير » . وأكسيد القصدير يك هذا (المتقى طبيعياً ، لأن الخام للوجود في الطبيعة غير تقي) يضاف إلى دهان الخبز لتحويله إلى مينا . يضاء وبما أنه يحول المادة الشفافة إلى معتمة، فهو يدعى « بالمعم » .

ولقد قمت المتاحف الإنجليزية تماماً اليوم . والقصدير ( الذي يعتبر بحق معدناً ناهراً تقريباً ) يحصل عليه غالباً من شبه جزيرة الملايو في جنوب شرق آسيا ، وإلى حد ما من بوليفيا في أمريكا الجنوبية . وخلال الحرب العالمية الثانية ، عندما احتلت

اليابان شبه جزيرة الملايو ، وجلت الولايات المتحدة مشتق الحافظ على القصدير الذي تملكه . وكان على الناس أن يردوا أنابيب مصيون الأسنان الفارغة عندما يشترون أنابيب جديدة ، لأن الأنابيب كانت تحتوي على القصدير .

وما زال القصدير يستعمل في صناعة البروز ، ولكن لم يمد هذا هو الاستخدام الرئيسي له ( والواقع أن استخدام القصدير الخالي الزنك في البروز « الألومنيوم » كافى تماماً لجميع الأغراض ) . ويمكن للقصدير أن يكتسب لثة شديدة . وهو لا يتأثر بالأكسجين أو الماء أو الأحماض الضعيفة . ولهذا فمن الممكن استخدامه فيما له اتصال بالأطعمة ( التي غالباً ما تكون أحياناً ضعيفة ) دون أن يفقد لثته ويدون أن يتآكل أو يؤثر في الطعام . ولهذا السبب فالأواني المصنوعة من الصلب التي تستخدم لحفظ الطعام تغلف بالقصدير . وهذا هو السبب الذي كثيراً ما يشار من أجله إلى « صفائح القصدير » باسم « الصفائح » وهذه الأسماء بالطبع ليست صحيحة تماماً . فالقصدير النقي مرتفع الزنك جداً ( بل إنه أغلى ٣ مرات عن النحاس ) — وقد ذكرنا أنه تصنع منه الصلب ولكن الواقع إنه يستخدم فقط في التبريد . ومثل هذا الحديد المغلف بالقصدير يدعى عادة « بالأطباق القصديرية » . ونصف القصدير المنتج اليوم يستخدم في صناعة الصلب .

ولا يصلح القصدير لصناعة الأسلاك ، ومع ذلك فهو قابل للطرق فيمكن حرقه إلى صفائح رقيقة تدعى « شرائح القصدير » . وقد استخدمت صفائح القصدير لتخزين الطعام في الصلب . وفي هذه الأيام وبسبب ارتفاع عن القصدير استعاض عن شرائح القصدير بـ « الألومنيوم » . ولكن قوة هذه المادة تجعل كثيراً من الناس يسمونها « شرائح القصدير » حتى الآن . وتحاول الصناعة في الواقع وبكل طريقة ممكنة أن تستغني عن القصدير بقدر المستطاع وخاصة منذ اندلاع الحرب العالمية الثانية وذلك باستخدام البدائل .

ويحتوي القصدير عادة على نسبة من الكربون والسليكون . ففي درجات



الحرارة الأدنى من ١٨ درجة مئوية ( ٦٥ درجة فهرنهايت ) ، يتحول القصدير المعدني المادى والذي يسمى بالقصدير الأبيض إلى شكل قاسى يدعى « القصدير الرمادى » . والقصدير الرمادى ليس فى الحقيقة معدناً على الإطلاق ، وإنما مادة لاقترية تشابه مع الكربون والسليكون وتفتت القصدير الرمادى إلى مسحوق . وهذا التغير ليس سريعاً ما لم تنخفض الحرارة كثيراً تحت درجة التجمد . ففي مدينة باردة مثل لتجرات تفتت المواد القصديرية ، وقد أطلق الناس على هذا التفتت اسم « تفتن القصدير » أو « طاعون القصدير » أو « مرض القصدير » . ولا يعتبر أى من هذه الأسماء مناسباً .

وهناك حقيقة طريفة فيما يتعلق بالقصدير . فللمدن يتكون من بلورات صغيرة ، وعندما ينشئ شريط من القصدير تنزلق البلورات فى مواجهة بعضها البعض مكونة صوتاً يدعى « صرخة القصدير » .

### التقاشون والسباكون :

وقد استخدم الرومان الأقدمون الرصاص فى الصهاريج لتخزين مياه الشرب ، وفى الأنايب لنقل هذه المياه ، وفى المجارى لنقل الماء المستهلك جيداً .

والرصاص بعض الجوانب الطبية التى تجعله صالحاً لعمل أنابيب المياه . فهو لين ومن السهل لفه فى شكل أنبوبة حتى بدون آلات حديثة . ( والواقع أنه أليّن للمادن الشائعة ، ومن الممكن أن يחדش بالأظافر ) . وقبل زمن الجرافيت كانت تستخدم أصابع من الرصاص اللين لعمل العلامات ، ولهذا السبب تدعى من أجله أقلام الجرافيت ( بأقلام الرصاص ) والذي من أجله تدعى أصابع المخارصين التى تستخدم لحشو الأقلام الميكانيكية « بالرصاص » ، والذي من أجله كان الاسم القديم للجرافيت هو « البلاماجور » الذى يشتق ، كما ترى ، من الكلمة اللاتينية للرصاص .

وفائدة أخرى للتصدير هي أنه لا يتأثر بالماء القلوي الخفيف ( كما هو الحال مع الماء المتعاد ) وهو يعيش لزمان طويل . وما زالت بعض الأنابيب الرومانية القديمة تستخدم حتى اليوم . وإذا ما أضيفت بضعة أجزاء من المائحة من التلييوم إلى الرصاص فالسيبكتة تقاوم التأكل بشكل هائل . ولكن الرصاص له نقطة بالغة الضعف . فالماء الحمضي لدرجة بسيطة يأكل الرصاص ويذيب بعض مركباته ، وهي سامة ، فأوقية من مركب الرصاص تسكني لتسميم ٢٥٠٠٠ جالون من الماء .

ويتجمع الرصاص في النظام ويتبقى فيها ولا يمكن للجسم أن يتخلص منه إلا ببطء شديد . ولهذا السبب ، وحتى إذا كانت مركبات الرصاص التي في الماء في أي وقت غير كافية لتصبح سامة ، فيمكنها أن تزاكم عبر مدة طويلة من الزمان ، وأن تسبب الضرر . ويعنى آخر ، فالتسمم بالرصاص عملية راحية . ولهذا السبب تصنع أنابيب الماء الآن من الحديد أو النحاس الأصفر .

وأحدث استخدام للرصاص هو استخدامه ككادة ملونة في الطلاء - أي كصبغة . وأحد مركبات الرصاص المستخدمة في هذه الناحية هو كربونات الرصاص القاعدية الذي يسمى عادة بالرصاص الأبيض وله جزئ معقد إلى حد كبير - فهو يحتوي على ثلاث ذرات من الرصاص وذرتين من الكوبون وذرتين من الاليدروجين وثماني ذرات من الأكسجين . وإذا ما مزج بزيث بذركتان لتكوين طلاء أبيض فسيبقى ذلك لأمماً وأبيض لفترة طويلة إذا ما عرض فقط للهواء النقي والماء ، أو للطقس المتعاد . ولكن في حضارتنا الصناعية الحديثة ، يحتوي الهواء عادة على مركبات الكبريت التي تفلشاً عن احتراق الفحم . وهذه المركبات تؤثر في الرصاص الأصفر وتكون كبريتيد الرصاص ( ويحتوى الجزئ على ذرة من الرصاص وذرة من الكبريت ) وبما أن كبريتيد الرصاص أسود اللون ، فاللون الأبيض يصبح داكناً بالتدرج .

وبالمقابلة يوجد كبريتيد الرصاص في التربة وفي هذه الحالة يدعي بالجالينا .

وهذا هو أكثر خدمات الرصاص أهمية ، فالرصاص نادر . ولكن لما كانت خامات الرصاص منتشرة في جميع أنحاء العالم ، فالرصاص أرخص بكثير من القصدير .

ونحول اللون إلى أسود بواسطة الكبريت هو أحد مصائب الطلاء بالرصاص.. وهناك أيضاً مشكلة التسمم — إذ يتعرض النقاشون للإصابة بالتسمم بالرصاص في كثير من الأحوال ، نتيجة العمل بالطلاءات المحتوية على الرصاص ، لدرجة أن المرض يدعى عادة بمنص النقاشين .

وهناك أصباغ أخرى تحتوى على الرصاص : أحدها هو « أكسيد الرصاص الأحمر » أو كما يسمى عادة « الرصاص الأحمر » ، ويسمى أحياناً « السلاقون الأحمر » ويحتوى جزيئه على ثلاث ذرات من الرصاص وأربع ذرات من الأكسجين ، وله لون أحمر داكن . ويستخدم الرصاص الأحمر في النطاء الأول — أى في الطلاءات التى تستخدم في النطاء الأول — للصلب . ويعود اللون الأحمر الداكن لمعارض الحديد المستخدمة في الإنشاءات إلى الرصاص الأحمر . ومركب الرصاص الهام الآخر هو ( ثالث إيثيل الرصاص ) : وهنا متحد ذرة الرصاص مع أربع مجموعات هيدروكربونية مكونة ثالث إيثيل الرصاص الذى يضاف إلى البنزين لتخفيف حدة اشتعاله ، أى لمنع تفجر الجازولين في الأسطوانات ( ولزيادة طاقته . والجازولين الذى تجرى عليه هذه العملية يسمى « البنزين الخاص — أو الموير » .

وإذا كان ثالث إيثيل الرصاص هو المادة الوحيدة المضافة إلى الجازولين فيمكن أن يتبقى « رماد » الرصاص على الأسطوانات مما يدمر المحرك . ولتفاد ذلك يضاف إلى الجازولين أيضاً مركب عضوى يحتوى على البروم . وعندما يحترق الجازولين بتحد الرصاص والبروم لتكوين بروميد الرصاص ( الذى يحتوى جزيئه

على ذرة من الرصاص وذرتين من البروم) . وبروميد الرصاص لا يغلي تحت درجة ٩٠٠ مئوية ، ولكن هذه الحرارة يتوصل إليها في محرك الميارة ، وبتبخير بروميد الرصاص ويطرد في العادم ويتخلف من ذرات الرصاص بعد أن تكون قد أدت مهمتها .

وما زال للرصاص استخدام آخر في سيارة اليوم . فبطارية التخزين التي تعد المحرك الذاتي والمصابيح والراديو وما إلى ذلك بالكهرباء تتكون من شرائح متبادلة من الرصاص وثاني أكسيد الرصاص (محتوى الجزيء على ذرة من الرصاص وذرتين من الأكسيجين) . وهذه الشرائح تحاط بحامض كبريتيك مركز . وعندما تعمل بطارية التخزين ، يتحد كل من الرصاص وثاني أكسيد الكربون مع حامض الكبريتيك لتكوين كبريتات الرصاص (والمحتوى الجزيء على ذرة من الرصاص وذرة من الكبريت وأربع ذرات من الأكسيجين) ، وعندما يحد شحن البطارية تتحول كبريتات الرصاص مرة أخرى إلى رصاص وثاني أكسيد رصاص . ويحتوى الرصاص المستخدم في شرائح البطاريات على ٩ / ١ من الأنتيمون . وفي هذه الأيام تعتبر هذه الشرائح أكبر استخدام لكل من الرصاص والأنتيمون .

وهناك نوع من الزجاج يكاد يكون كله مصنوعاً من «سايلكات الرصاص» . وهذا الزجاج الصواني حيث أنه يمسك الضوء أكثر من الزجاج العادي يمكن تقسيمه إلى أسطح ذات تأثير شبيه بالجواهر ، وهو لذلك يستخدم في صناعة الجواهر المقلدة المسماة بالسيان Paste . وهو أيضاً صاف تماماً وشفاف ، لذلك يستخدم في العدسات وفي الآلات البصرية مثل الميكروسكوبات . ويتكون مثل هذا الزجاج بتسخين أول أكسيد الرصاص (التي يدعى الليثارج ومحتوى جزيئه على ذرة من الرصاص وذرة من الأكسيجين) مع الرمل وكربونات البوتاسيوم .

ومعظم مركبات الرصاص غير قابلة للذوبان بشكل خاص في الماء . والاحتشاء هو «خلات الرصاص» التي تسمى عادة «بسكر الرصاص» : ويأتي الإلمم من

أن المركب له مذاق حلو ، ولكن لا تدع ذلك يخدعك - فم أنه حلو المذاق إلا أنه سام جداً رغم كل ذلك .

### الوزن ودرجة الانصهار .

لا يعتبر الرصاص مثيراً كمدن . فهو رمادى تقريباً ولا يكتسب لماعاً ، كما أنه لين وضعيف ، ويمتد الناس أنه معدن رخيص أو ربما عديم القيمة . وفي قصة « تاجر البندقية » لـ شكسبير جعلت البطلة « بورشيا » المتقدمين لرواجها يختارون بين ثلاثة صناديق مغلقة . فإذا ما اختار أحدهم الصندوق الذى يحتوى على صورتها ، فإنها ستزوجه . وكان أحد الصناديق من الذهب والآخر من الفضة رمزاً للثروة - أما الثالث والذى كان يحتوى فعلاً على الصورة فكان من الرصاص ، رمزاً للقر . ( وكان المفروض أن يتناهى البطل عن المظاهر الخارجية كما ترى ، فى سبيل الحقيقة الكائنة فى الداخل ) .

والشيء الوحيد المتعلق بالرصاص والذى أثر فى الناس هو وزنه الذى يفوق الحديد بنسبة ٥٠٪ ، كما أنه أثقل من الفضة ثلاث مرات ( وهو وزن نصف الذهب أو البلاتين ) . ولكن قلة من الناس وخاصة فى الأزمنة المبكرة كانوا يتدأ ولون هذه المعادن الثمينة . وبما أن الرصاص كان أثقل المعادن الشائعة فكان يستخدم حينما كان الوزن مهماً . وكانت تصنع منه القذائف والطلقات الجيدة نظراً لأن الطلقة الثقيلة تسبب ثقلاً أكبر من الخفيفة التى تساويها فى الحجم . وبإضافة قدر ضئيل من الحارصين إلى الرصاص يصبح أكثر صلادة وأكثر فائدة لهذا الغرض .

والقصدير أيضاً رغم أنه غالى الثمن تماماً إلا أنه يشتهر بأنه رخيص وأقل مرتبة . ففي الأزمنة المبكرة لصناعة السيارات كان يشار إلى السيارات الرخيصة الآن من باب النكتة على أنها « من القصدير » .

ومن الخواص المفيدة للرصاص أنه ينصهر عند ٣٢٨ درجة م - وهذه تعتبر

منخفضة بالنسبة لأي معدن . وينصهر القصدير عند درجة حرارة ٢٣٢ درجة م° والإثنان معاً يكونان سبائك تنصهر في درجات أكثر انخفاضاً وهي مفيدة لهذا السبب .

ولقد سبق أن تكلمت عن للسبائك القابلة للانصهار وفلز الطباعة المعدنية : فهي تحتوي على الأنتيمون والبرزوت ولكنها تحتوي أيضاً على القصدير أو الرصاص أو كليهما . ومعدن « الود » مثلاً يتكون من ٥٠٪ من البرزوت ولكنه يحتوي أيضاً على ٢٥٪ من الرصاص و ١٢٫٥٪ من القصدير . وفلز الطباعة مثلاً يحتوي على ٥٪ من الأنتيمون و ٣٪ من القصدير و ٨٢٪ من الرصاص . ويتكون البليوتر الذي استخدم مرة لصناعة أواني الطعام الرخيصة (في زمن كانت الأنواع التالية من الفضة أو المطلية بالفضة) في الأغلب من القصدير .

والقصدير والرصاص المختلطان في سبائك بنسب مختلفة يكونان قصدير اللحام الذي ينصهر في درجة حرارة منخفضة وهو لين . وعندما يضاف سلك غليظ منه على كتلة من المعدن الساخن في النار أو بواسطة تيار كهربائي أو مكواة اللحام فإنه ينصهر بسهولة ، ويسمح للقصدير المنصهر بأن ينسكب في قطرات على قطعتين من المعدن (المكون من الحديد أو النحاس) ويقربان من بعضهما البعض ، وعندما يتجمد قصدير اللحام مرة أخرى يلتصق بشدة بقطعتي المعدن كليهما ، وهذه الطريقة تصبح القطعتان قطعة واحدة . ويعمل قصدير اللحام كنوع من الغذاء للمعدن . وإنه لين الصعب تسير الدوائر الكهربائية إذا لم يمكن لحام الأسلاك ببعضها بسرعة وسهولة .

### التنبؤ الكيميائي :

العنصر الذي يقع بين السليكون والقصدير في الجدول الدوري هو « الجيرمانيوم » . ولقد اكتشف عام ١٨٨٦ بواسطة كيميائي ألماني يدعى « ك . ا . ونكلر » وسماه نسبة لألمانيا .

ومن المؤسف أنه لم يعرف شيء عن الجيرمانيوم سوى حقيقة واحدة ، وهي مجرد اكتشافه .

وفي عام ١٨٦٩ صاغ كيميائي روسي « ١٠٥ - مندليف » الجدول الدوري ، وأوضح أن العناصر الموجودة في نفس الصف لها خواص متشابهة . وفي أيامه بالطبع لم تكن كل العناصر معروفة — ولذلك كانت هناك « فجوات » في الجدول الدوري .

ولقد قرر مندليف في عام ١٨٧١ أن عناصر جديدة سيتم اكتشافها للملء هذه الفراغات . واتقن ثلاثة عناصر على وجه التحديد لتلائم ثلاث فجوات محددة إحداها كان العنصر الذي قال إنه ينتمي إلى المكان تحت السليكون وفوق القصدير . ولقد أطلق عليه « إكاسليكون » وتنبأ بما ستكون عليه خواصه عندما يكتشف ( وهذه الكلمة تعني العنصر الموجود في الفراغ رقم واحد تحت السليكون ) . ولقد استخدم كرشد له الخواص المعروفة للسليكون والقصدير . ومرعانا ما اكتشفت كل عناصر مندليف الثلاثة وأصاب تبتؤانه الهدف كل مرة . ولقد كان الجيرمانيوم هو آخر الثلاثة وقد وضع اللبسة الختامية على المسألة كلها أن أحداً لم يتساءل عن قيمة الجدول الدوري منذ ذلك الوقت .

وفي السنوات التالية اكتشفت فائدة غير متوقعة إطلاقاً للجيرمانيوم — فمن الممكن لقطعة من معدن الجيرمانيوم تحتوي على كميات صغيرة من الشوائب الممينة وفي ظروف مناسبة أن توصل الكهرباء في اتجاه واحد فقط ، أو بمعنى آخر أنها تعمل كمفتاح وهي تعمل أيضاً كمكبّر : أي أنها تحول التيارات الصغيرة إلى تيارات كبيرة . ولهذا السبب يجب أن ينقّى الجيرمانيوم من بعض المعادن مثل الزرنيخ ، فلجزء الواحد من البليون من الزرنيخ يمكن أن يفسد كل شيء .

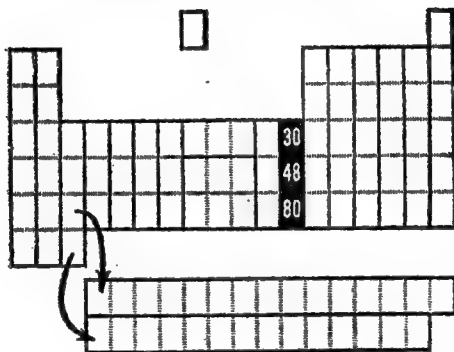
وتخدم الأنابيب المفرغة في أجهزة الراديو والتليفزيون وغيرها من الأجهزة

الإلكترونية هذا الفرض تماماً (لأنها منقيات ومكبرات) . وهذا يعني أن جزءاً دقيقاً من الجيرمانيوم ( يسمى الترانزستور ) يمكن أن يقوم بعمل أنبوبة مفرغة أكبر منه بكثير . ويتطلب الترانزستور قوة أقل بكثير ويولد حرارة أقل بكثير ويمكث فترة أطول من الأنابيب المفرغة . ولما كانت الأنابيب المفرغة تشغل جزءاً كبيراً من الفراغ في الأجهزة الإلكترونية فإن استخدام الترانزستور بدلاً منها يعني أن آلات الراديو التي لا يزيد حجمها عن ساعة اليد ( وغير ذلك من الأحاجيب ) أصبحت مسألة عملية . وحتى قريباً جداً استخدمت قطع من السليكون لتعمل كترانزستور . ويعرف الجيرمانيوم والسليكون بأشياء الموصلات لأنها لا تنقل الكهرباء بنفس مقدرة معظم المعادن ولكنها تنقلها بدرجة أفضل إلى حد ما من معظم المواد اللافلزية .





الزئبق  
العنصر السائل



في الفصل السابق قلت إن القصدير والرصاص ينصهران عند درجات حرارة أقل من ٢٠٠ أو ٣٠٠ درجة م، وقد نضهر المعادن القلوية كما رأيت ربما عند درجات من الحرارة أقل ، وأحد هذه العناصر وهو السيزيوم، يتحول إلى سائل في يوم صيف حار . ومع ذلك فهناك معدن واحد سائل حتى في اليوم البارد . هذا المعدن هو الزئبق . والواقع أنه لا يتجمد حتى عند درجة حرارة ٣٩ تحت الصفر المئوي كما أنه لم يتجمد عملياً حتى عام ١٧٥٩ . وعند ذلك فقط ربح الكيميائيون بأن يمتزوه معدناً حقيقياً . وقد أطلق الرومان واليونانيون على الزئبق اسم « هيدرازجرم » Hydrargyrum أى « الفضة السائلة » . ونحن غالباً ما نطلق

عليه « الفضة المرمية » . « والنسرية » تعنى الحية . وإذا كنت قد لعبت بجزء من الزئبق — ربما يمت البهجة أن تلعب به — فلا بد أنك لاحظت أن قطرات صغيرة منه تتدحرج بسرعة إذا ما وقع عليها ضغط بالإصبع — إنها تتمد كما لو كانت جسماً حياً . ومن هنا جاء اسم « الفضة للنسرية » .

وقد ورد اسم « الزئبق » عن كيميائي العصور الوسطى الذين جروا على تسمية الفلزات المختلفة في كتابهم باسم الأجرام السماوية . فسمى الذهب « الشمس » ، والفضة « القمر » ، والحديد « المريح » ، والنحاس « الزهرة » .. وهكذا ... وكانت كتاباتهم تحتوي على جزء من علم الفلك وأشياء أخرى لا ينشر كثير منها في أيامنا هذه . ولم يبق من هذه الأسماء التصويرية إلا اسم ذلك الفلز السائل ، وهو هيدروجين أو « الزئبق » . ومازلنا حتى اليوم نستخدم هذا الاسم .

والزئبق مادة ثقيلة ، بل أثقل من الحديد مرتين ، وأثقل من الرصاص بثلث مرة . وتطفو كرة من الرصاص فوق الزئبق ، ويزن الرطل من الزئبق  $14\frac{1}{4}$  رطل . حاول إذا وجدت في معمل كيمياء أن ترفع زجاجة من الزئبق . إنك ستستعمل أولاً وبشكل طبيعي من القوة ما تمتد أنه يكفي لخل هذا الحجم من الماء أو الكحول ، وعندما تفعل هذا ستفهم كأن زجاجة الزئبق قد تسمرت في اللائحة وستضطر إلى استهلاك مزيد من القوة لرفعها وستكون سعيداً عندما تميعها إلى مقلها .

ونظراً لأن الزئبق هو أثقل سائل معروف في درجة حرارة الحجيرة فهو ذو أهمية خاصة في التنبؤ بحالة الطقس .

ويعتبر وزن الهواء الذي يملونا أحد المعالم التي تدخل في طريقة التنبؤ بحالة الجو . وكنتيجة لحرارة الشمس وارتباطها بتأثير المحيطات والجبال ، يتجمع الهواء الحوى في بعض الأماكن ليكون مناطق ضغط عال ، ويقط في أماكن

أخرى ليسكون مناطق ضغط منخفض ، وتقلل هذه المناطق حول الأرض .  
ويرتبط الجو العاصم دائماً بالضغط المرتفع ، والجو العاصف بالضغط المنخفض .

والاختلافات في الضغط ليست كبيرة . فقد يزيد الهواء في منطقة الضغط  
النالى عن المنخفض بمقدار  $1/10$  ، وهو ليس كبيراً بحيث يؤثر على تنفسنا أو أى  
شئ آخر حولنا . وعليها أن نستعمل أجهزة لقياس التغير في الضغط .

وإحدى طرق قياس الضغط الجوى هى بموازته بممود من سائل . فيزن  
الهواء الذى يملو بوصة مربعة من سطح الأرض ، ما يوازى وزن عمود من الماء  
ارتفاعه ٣٤ قدماً فوق نفس البوصة المربعة . فلو كان ضغط الهواء منخفضاً لوزن  
ما يساوى عموداً من الماء ارتفاعه ٣٣ قدماً . ولو وازنا عموداً من الماء  
بالماء (ويمكن عمل هذا بمنهى السهولة) لأمكننا متابعة التغيرات في الضغط  
الجوى بمراقبة الاختلافات في ارتفاع عمود الماء .

ولكن استعمال عمود من الماء يبلغ ارتفاعه ارتفاع بناء ذى أربعة طوابق شئ غير  
محمّل ولذا نستخدم بدلاً منه عموداً من الزئبق ، وحيث أن وزن الزئبق يزيد  
عن وزن الماء بما مقداره أربع عشرة ونصف مرة ، لذلك يزن عمود من الزئبق  
طوله ٣٠ بوصة نفس وزن عمود من الماء طوله أربعة وثلاثون قدماً (على فرض  
أن قطريهما متساويان) .

وتسمى الأنبوبة الزجاجية المحتوية على ثلاثين بوصة من الزئبق والتي تعادل  
الضغط الجوى (البارومتر) . ويقاس ارتفاع ذلك العمود من الزئبق بكل دقة  
وستسمع في كل نشرة جوية مقدار الضغط الجوى مقسماً إلى أقرب جزء من المائة  
من البوصة وسيقول الراسد الجوى ما إذا كان البارومتر ثابتاً أم يرتفع أو ينخفض .  
فإذا كان في حالة ارتفاع فهذا يعنى أن الجو سيصحو . أما إذا كان في حالة انخفاض  
فهذا يعنى هبوب جو عاصف . وإذا كان ثابتاً فهذا يعنى أنه سيستمر كما هو .

وأحد الاستعمالات الأخرى المعروفة للزئبق هي في قياس الحرارة ، لأن الزئبق يتمدد بارتفاع درجة الحرارة ويتقلص بانخفاضها ، مثل كل المواد الأخرى . ولكن للزئبق فضل هذا بتمشي الاقتران فيتمدد بشكل متساو على مدى كبير من الحرارة .

فإذا صنع جهاز يعلأ حتى فوجهه بالزئبق وتنفذ منه أنبوبة رفيعة جداً ، فبارتفاع درجة الحرارة يتمدد الزئبق قليلاً ولا يجرد منفساً له إلا في الأنبوبة الرفيعة فيزدهج فيها قليلاً . وإذا انخفضت درجة الحرارة يتقلص الزئبق وينخفض في الأنبوبة .

والترمومتر ما هو إلا انتفاخ من الزئبق ملتصق بأنبوبة رفيعة . فإذا وضع الترمومتر في نلج مصهور فإن ارتفاع صود الزئبق في الأنبوبة الرفيعة سيشير إلى درجة الصفر المئوية ( أو ٣٢ درجة فهرنهايت ) . أما إذا وضع في ماء مغلي فإن ارتفاع صود الزئبق سيشير إلى ١٠٠ درجة مئوية ( أو ٢١٢ درجة فهرنهايت ) . ويمكن بعد ذلك تقسيم المسافة بين علامتين بالتساوي إلى درجات مرقمة .

والزئبق ليس هو المائل الوحيد المستعمل في عمل الترمومترات . فبعض الترمومترات للمنزلية المادية ، والتي تعلق خارج النوافذ لمعرفة حرارة الجو الخارجي ، تحتوي على سائل به صبغات حمراء لتسهيل رؤيته .

ولا يبلل الزئبق الزجاج ، أي أنه لا يلتصق حتى طبقة رقيقة بالزجاج عند ارتفاعه وانخفاضه ( بعكس الماء الذي يلتصق طبقة منه بالزجاج ) ولهذا السبب ينزلق الزئبق ويرتفع بسهولة في الأنبوبة . وهذه الخاصية هامة في كل من الترمومتر والبارومتر .

وفي حالة الترمومتر يتم لحام الأنبوبة في جو مفرغ . أما البارومتر فإن سطح الزئبق العلوي يلامس الهواء الجوي ، وهو لا يتأثر بالهواء في الظروف العادية . وهذه من حسنات الزئبق .

وبما أن الزئبق فلز فهو جيد التوصيل للكهربية . فإذا وضع جزء منه في أسطوانة أفقية وكان في أحد طرفيها سلك توصيل ، وأملنا الأسطوانة بحيث لا يلامس الزئبق سلكي التوصيل ، فإن الدائرة قفل . أما إذا أملناها إلى الجهة الأخرى فسيبتعد الزئبق عن سلكي التوصيل وفتح الدائرة . وتستخدم مثل هذه « المفاتيح الزئبقية » في الصناعة وحتى في بعض المنازل ( فهي تتميز عن المفاتيح القديمة بتصميم بأنها لا تحدث ضجة أثناء قفل أو فتح الضوء ) ، وهذه المفاتيح تمثل أم استعمال الزئبق في هذه الأيام .

### أطباء الأسنان وخوادم الزواج :

تعتبر مركبات الزئبق عامة سامة مثل مركبات الرصاص . بل هناك في الواقع خطر من الزئبق غير موجود في الرصاص . فالزئبق يغلي عند ٣٥٧ درجة مئوية ، وهي درجة غليان منخفضة عن كل الفلزات الأخرى . وحتى في السرجات الأقل ، تتصاعد كمية من أبخرة الزئبق ، وهذه الأبخرة سامة عند استنشاقها ولها تأثيرات مضاعفة . ولذا لا يسخن الكيميائيون الزئبق بدون تجهيز طريقة ليعسب بها الهواء البخار .

ومع ذلك فلدى الكثير منا زئبق في فمه طول الوقت : ويختلط الزئبق بكثير من الفلزات ليكون سبائك تعرف « بالملغمات » . فمثلاً يختلط الزئبق بسبيكة الفضة ليكون ملمغم الفضة . وعند بدء تكون ملمغم الفضة يكون طرياً ويمكن تشكيله مثل الطفل ولكنه بعد دقائق يصبح صلباً .

وعندما ينزع أطباء الأسنان الجزء المسوس من الأسنان ، فإنهم يصنعون ملمغم الفضة الذي يحتوى على كمية صغيرة من القصدير والنحاس والمارصين والفضة ويضبطونه في فراخ السن « كحشون الفضة » . ولا يتأثر مثل هذا الحشو بالهواء أو

الهاب أو الأكل . وحيث أن ذرات الزئبق ملتصقة بشدة بذرات الفضة ولا تنبهر أو تذوب فلا خطر منها بتاتاً .

ويستخدم أيضاً « ملغم الذهب » في حشو الأسنان . ويختلط الذهب بالزئبق بسهولة وبسرعة ، وهذا شيء لا بد من تذكره عندما تريد أن تلمب بالزئبق - فلا بد من خلخ خواتك . وقد حدث أن صبت زوجتي قطرة من الزئبق من يد لأخرى فأطلقت خاتم زواجها تماماً ، إذ ذهب اللون الأصفر ، وبدأ رمادياً وطدياً فخرت عليه حزناً كبيراً .

ويستفيد الكيميائيون كثيراً بالملغمات . فيستخدم فلز الصوديوم مثلاً لأغراض متعددة ، ولكنه شديد التفاعل ، ويخلق مشاكل تتطلب التأمين ضده . ولذا يخلط بالزئبق لتكوين « ملغم الصوديوم » وبهذا يقوم بكل أعمال الصوديوم نفسه ونحن آمنون عند استعماله .

وأحد استعمالات الزئبق المعروفة في هذه الأيام هي في صنع مصابيح خاصة بنفسجية بها نقطة من الزئبق تتحول بمرور التيار الكهربائي إلى بخار يسلم بالضوء ، ويغطي الأشعة فوق البنفسجية القوية . ويستخدم الزئبق في « مصابيح الشمس » وهي التي تكعب جلوك في الشتاء لونها بلياً ( أو تحرقه كالشمس إن لم تكن حريصاً ) . ويستخدم أيضاً في مصابيح الفلورسنت حيث ترسب الأشعة فوق البنفسجية طبقة من المسحوق داخل الأنبوبة لتوهج بضوء أبيض ساطع .

والإسم الشائع لكلوريد الزئبق هو « كالوميل » ( ويحتوى الجزيء منه على ذرتين من الزئبق وذرتين من الكلور ) وكان يستخدم قديماً كسبل ، ومع ذلك فهو خطير ويحدث تسمماً مالم يستعمل بحذر . وقريبه « كلوريد الزئبقيك » أكثر خطورة ( ويحتوى الجزيء منه على ذرة واحدة من الزئبق وذرتين من الكلور ) ويعرف عموماً باسم « السلياني » ويكفي قليل منه للقضاء عليك مها كنت حريصاً .

أما أكسيد الزئبق فهو مركب أحمر طوي اللون ، يحتوى الجزيء منه على ذرة من الزئبق وذرة من الأكسجين . وترجع أهميته التاريخية إلى أنه المركب الذى سخره « برستلى » عندما اكتشفه الأكسجين . وهناك مركب آخر أحمر للزئبق وهو كبريتيك الزئبق (و يحتوى الجزيء منه على ذرة زئبق وذرة كبريت) . ويوجد فى الأرض بشكل طبيعى ومعروف باسم « السلقون » وهو أهم خامات الزئبق ، ويستخدم المركب الثق كألوان حمراء زاهية للرسم تعرف بالقرمزى .

وتعتبر « فلانات الزئبق » من المفرعات التى تنفجر بمجرد اللس (ويتكون الجزيء منها من ذرة من كل من الزئبق والأكسجين والنيروجين والكربون) ونكفى طرفة خفيفة لتفجير جزء صغير منها تفجيراً شديداً . (وطاعة ما تحتاج المتحجرات القيدة لقوة أكبر من هذه — وهذا من حسن الحظ — وإلا فإن المشتغلين أو المستخدمين لها يتمزقون إرباً) . وتستخدم كيات ضئيلة منها فى صناعة كبسولة الديناميت التى تفجر بدورها كيات أكبر من المفرعات الأقل حساسية مثل الديناميت ، ويمكن إشعال الفلانات من مسافة بعيدة بواسطة الكهرباء أو بواسطة الصدمة التى يحدثها تفجر الديناميت .

وأخيراً فالير كروكروم الذى تعرفه جيداً كطهر هادى للجروح البسيطة والحدوش يحتوى جزيئته على ذرة زئبق .

### البطاريات والطلاء الواقى :

يتشابه الفزان الموجودان فوق الزئبق فى الجدول الدورى تشابهاً تاماً ، ويدعو أن أحدهما وهو الخارصين (المنصر رقم ٣٠) كان معروفاً فى العصر القديم . ويرجع تاريخ السباتك التى تحتوى عليه إلى ٢٥٠٠ ق م ، ولكن لم يتم فصل الفلز ذاته إلا سنة ١٧٤٦ عندما اكتشفه الكيميائى الألمانى « أندريه جيمسوند مارجراف » .



وكان أقدم استعمال للخارصين في عمل مراكب النحاس المعروفة « بالنحاس الأصفر » . وفيه زائد صلابة وقوة النحاس بإضافة الخارصين إليه . وأقوى ما يكون النحاس الأصفر عندما تبلغ نسبة الخارصين فيه ٣٥ ٪ أو ٤٠ ٪ ، وحالياً يمكن زيادة صلابته بإضافة النيكل (بنسبة تصل إلى ١٢ ٪) ، وتسمى السبيكة الناتجة « بالنحاس الأصفر للنيكل » .

وينتشر استعمال النحاس الأصفر في عمل الزراير والزينة التي تملأ السترات والملابس التنكرية ( ويسمى أحياناً المزيج المكون من ٨٠ ٪ نحاس و ٢٠ ٪ خارصين بالمعدن المولندي إذ تبدو السبيكة الناتجة وقد شحبت لون النحاس الأصفر فيها ونحوها إلى لون القصب تماماً ) ، ولذلك فكلما زادت رتبة ضابط الجيش زادت زينة سترته وحواشيها .

ويخفى النيكل بإضافته إلى النحاس الأصفر لون النحاس كلية حتى إن كمية قليلة منه تكفي لتحويل لون السبيكة إلى الأبيض . ( كما هو الحال في النيكل الأسديكي أو العملة ذات الخمس مئقات التي يتكون ثلاثة أرباعها من النحاس ، ولكن لا يبدو لونه إطلاقاً ) . ولهذا السبب يطلق على النحاس الأصفر اسم « الفضة النيكل » أو « الفضة الألمانية » ولو أن هذه الأسماء مضللة ، لأن السبيكة لا تحتوي على فضة .

والنحاس الأصفر المحتوي على ٤٠ ٪ خارصين يقاوم التآكل ، ويسمى ( معدن مانز ) . ويستخدم لهذا السبب في عمل طلاء لوقائية قيمان السفن بنجاح أكبر من النحاس .

ويوجد استعمال هام في وقتنا هذا للخارصين ، ألا وهو عمل البطاريات الجافة ، وهو النوع الذي يذكرنا « ببطاريات الكشافات الضوئية » . ومثل هذه البطاريات لها

غلاف خارجي من الخارصين (تحت غلاف الكربون مباشرة) وقضيب من الكربون في الوسط ، وبينها أنواع مختلفة من المواد الكيميائية .

ويتفاعل الخارصين والكربون والمواد الكيميائية التي بينها لا تتأثر الكبرياء . وإذا بركت البطارية جانباً فإنها تخزن الكهرباء ولا تطلق منها . ولكن إذا وصل « طرفاً » البطارية للوجودان في جهة واحدة ( أحدهما متصل بغلاف الخارصين والآخر بقضيب الكربون ) يملك معدني الانسابت الكهرباء خلال السلك . وإذا وضع مصباح كهربائي في الطريق ومر به التيار الكهربائي فإنه يضيء ومن الطبيعي ألا تنساب الكهرباء إلا عندما لا يوجد أي قطع في السلك ، أي تكون الدائرة مغلقة . ولن يعمل أي كشاف ضوئي مادي إلا إذا ضغطنا الزر ، وبذا نقفل أي فتحة في الأسلاك ونكفل الدائرة وعندئذ يضيء المصباح .

والخارصين هو أحد الفلزات العديدة المستعملة في طلاء الحديد أو الصلب لمنع الصدأ . وتتم هذه العملية بتمر قطعة مسطحة نظيفة من الحديد في مصهور الخارصين أو بالطلاء بالكبرياء . ولكبرياء اسم عني عليه الزنك ، وهو الحلفنة . ويطلق على الحديد اللطلي بالخارصين « الحديد المجلفن » . وغالباً ما تصنع الجرادل من الحديد المجلفن ويمكن أن ترى شكل يورات الخارصين على سطحه وهو جديد . وقد حلت مركبات الخارصين محل مركبات البيرليوم في أضواء الفلورسنت .

والخارصين فلز نشط تماماً . فيضاف دائماً إلى الحامض ويتبع عنه تصاعد الإيدروجين كما ترى في تجارب الكيمياء في حجرات الدراسة ( إذ تحل ذرات الخارصين محل ذرات الإيدروجين في جزيئات الحامض ) . وهذه الطريقة يمكن جمع الإيدروجين ودراسة خواصه . ومن المهم استعمال أصناف جيدة من الخارصين لهذا الغرض ، لأن الأصناف الرديئة تحتوي على كميات صغيرة من الزرنيخ . وبإضافة الحامض يتصاعد الارسين وهو سام جداً ، ويميت بكيمات ضئيلة . ولذا فمن المستحسن أن تصعب نفسك قليلاً في التأكد من جودة المادة قبل إجراء العملية .

وهناك معدن آخر مستخدم في طلاء الحديد والصلب ويوجد تحت الخارصين مباشرة في الجبول النوري ، وهو شديد الشبه بالخارصين ، حتى إنه ليوجد مع الخارصين في علم الخارصين ، وقد اكتشفه «فردريك ستروهايمر» سنة ١٨١٧ في خام الخارصين وأشهر خامات الخارصين هو المعروف باسم « زنك بلند » أو توليفه الخارصين ، وتتكون أساساً من كبريتيد الخارصين (ويحتوى الجزئ منه على ذرة من الخارصين وذرة من الكبريت). أما الإسم اليوناني لهذا الخام فهو « كلاديا » ولذا أطلق عليه « ستروهايمر » إسم « كلاديوم » وهو العنصر رقم ٤٨ .

والطلاء بالكاديوم أفضل من الطلاء بالخارصين ولكن أغلى منه. والكاديوم أكثر لماناً وأكبر مقدرة في الحماية من الصدأ. ويلعب الكاديوم دوراً في حماية الفضة بإضافة جزء صغير منه للفضة فيعطىها مناعة ضد تأثيرات مركبات الكبريت القاتعة . ويوجد الكاديوم أيضاً في معدن الود (وهى سبيكة قابلة للصهر) وبعض مواد الحمام . ودرجة انصهار الكاديوم منخفضة مثل الرصاص . فإذا أضيفت قطعة صغيرة من الكاديوم (تبلغ ١/١) إلى النحاس يجعله قوياً وصالحاً للاستعمال في أسلاك التروى ، بدون تقليل درجة التوصيل .

وأهم استعمال حديث للكاديوم هو فيما يتعلق بالمفاعلات الذرية في محطات الطاقة النووية . فعندما يريدون تقليل سرعة التفاعل النووي فإنهم يدخلون قضبان الكاديوم خلال ثقوب إلى المفاعل . ومثل هذه القضبان يمكنها أن تمنع كوارث الانقجار ، وهى تعمل بطريقة أوتوماتيكية ، بحيث تنزلق داخل الثقوب عند أول إشارة بارتفاع درجة الحرارة .

ويستعمل « أكسيد الخارصين » كألوان بيضاء هامة في الطلاء . ويحتوى الجزئ منه على ذرة من الخارصين وذرة من الأكسجين . وغالباً ما يسمى « أبيض الزنك » ولكن ليست له « قوة التنظية » التى للرصاص الأبيض ، لأن الأوقية من أبيض الزنك تغطي مساحة كبيرة من الخشب بشكل

ثقيل يخفى لون الغضب الأصلي كما تفعل أوقية من الرصاص الأبيض، ولكن أبيض الزنك ليس ساماً ولا يسود لونه بواسطة مركبات الكبريت ( إذ يتكون كبريتيد الخارصين، ولكنه أبيض، ولذا لا يؤثر على لون الدهان، فيتركه كما هو - وكبريتيد الخارصين رخيص في حد ذاته. ويخلطه بكبريتات الباريوم يمكن استعماله كأشكال رديئة من الدهان الأبيض. ويسمى المخلوط « ليثوبون » ) . ويستخدم كبريتيد الكاديوم كألوان صفراء ( ويحتوى الجزئ على ذرة من الكاديوم وذرة من الكبريت ) .

وبما أن أكسيد الخارصين يستعمل في حشو الأسنان فقد يوجد جزء منه في أسنانك، ويستعمل كذلك في عمل مساحيق الوجه. وعلى ذلك فلو كنت فتاة سيكون جزء منه على وجهك أيضاً. وأكسيد الزنك هو أيضاً المسحوق الذى تراه في « غسول الكلامينا » ( وهذا المسحوق لونه وردي لأنه يحتوى أيضاً على نصف الواحد بالمائة من أكسيد الحديد ) .

وأخيراً يعتبر الخارصين أحد العناصر التى لا بد أن تحتوى الأنسجة الحية على آثار منها .



الفصل التاسع عشر

الكروم

عنصر اللون

### المطالع والرسم :

سبق أن ذكرت بعض المعادن ، مثل النيكل والتقصير والكاديوم والمارغين ، التي يمكن أن يطل بها الحديد أو الصلب لمنع الصدأ . وهناك أنواع من الطلاء تتضمن معدناً آخر هو الكروم ، المنصر رقم ٢٤ .

وقد اكتشف الكروم « ن . ل . فوكلين » عام ١٧٩٧، وسماه Chromium نسبة إلى الكلمة اليونانية « اللون » لأن جميع مركباته ملونة . ( وهي توجد في

جميع الألوان الممكنة تقريباً). ويعتبر الممدن نفسه ضمن أصلد العناصر، نظراً لأنه أصلد من الحديد والكوبالت والتىكل. وهو لا يفقد بريقه فى الهواء، حيث إنه عى (مثل الألومنيوم) بطبقة رقيقة من الأكسيد التى تتخذ لمعة براقه.

وأعمال الزخرفة فى السيارات عبارة عن صلب مطلى أولاً بالتىكل ثم بطبقة رقيقة من الكروم. ويسمى أغلب الناس هذا النوع من الأعمال الممدنية بالكروم.

والكروم لا يطلى فقط فوق الصلب، ولكنه يضاف بضاً إلى الصلب لتشكيل سبائك مفيدة. وبعض أنواع الصلب الكرومى صلبة بفكل خاص، وقوية، وتستخدم فى عمل كرات كراسى البلى. ويحتوى الصلب غير القابل للصدأ على ١٨٪ أو أقل من الكروم و ٨٪ أو أقل من التىكل. وهو لا يصدأ، ويستخدم بشكل واسع هذه الأيام فى أدوات القطم وتناول الطعام. والصلب غير القابل للصدأ ليس مغناطيسياً؛ وإذا كان لديك مغناطيس وسكين ذات حد من الصلب الغير القابل للصدأ، فيمكنك أن تختبر ذلك بنفسك.

ويمكنك أن تجد سبيكة أخرى مثيرة للاهتمام فى المنزل، وهى «التىكروم». وهذه السبيكة تحتوى على أربعة أجزاء من التىكل إلى جزء من الكروم وأحياناً بعض الحديد. والتىكروم كمدن، موصل رتئ. جداً للكهرباء. يبلغ فقط نسبة ١٪ من جودة العفنة. والكهرباء تسرى خلال سلاك من التىكروم سريعاً وتسبغه لدرجة الاحمرار، حتى إذا ما كان السلك سميكاً تماماً. والسلك الذى يوهج فى الشوايات عندما تفتح الكهرباء، غالباً ما يصنع من التىكروم.

وأكسيد الكروميك (يحتوى جزيئه على ذرتين من الكروم وثلاث ذرات من الأكسجين) أخضر اللون. ونحصل عليه من خام يدعى «الكروميت» الذى يتكون جزيئه من اتحاد أكسيد الكروميك بأكسيد الحديد. والكروميت

هو أكثر خامات الكروم انتشاراً ، وهو ينصهر في درجة عالية جداً ويشكل في  
قوالب ويستخدم لتبطين الأفران العالية الحرارة .

ويمكن أن يضاف أكسيد الكروميك إلى الزجاج ليمطيه لوناً أخضر —  
كما ترجع ألوان الزمرد والياقوت إلى وجود كميات ضئيلة من أكسيد الكروميك .  
وتتوقف الألوان المختلفة ( لون الزمرد الأخضر ولون الياقوت الأحمر ) على حجم  
أجزاء أكسيد الكروميك . فالسقاير الأزرق اللون محتوى أحياناً على أكسيد  
الكروميك . و مركبات الألومنيوم والبيريليوم التي تشكل التركيب لهذه الجواهر  
عديمة اللون .

ويعرف أكسيد الكروميك عندما يستخدم في الطلاء باسم الكروم الأخضر .  
وتستخدم كذلك كرومات الرصاص التي تعرف بالكروم الأصفر ( الذي يحتوى  
جزئته على ذرة من الرصاص وذرة من الكروم وأربع ذرات من الأكسجين ) ، كما  
تستخدم كرومات الرصاص القاعدية التي تعرف بالكروم الأخضر في الألوان .  
( ويحتوى جزئها على ذرتين من الرصاص وذرة من الكروم وخمس ذرات من  
الأكسجين ) . ويستخدم المزيج من الاثنين والذي يسمى بالكروم البرتقالي  
أيضاً في الألوان .

#### الصلب القاسي :

وتشارك الكروم عديد من العناصر القريبة منه في الجدول الدوري في  
قوته العالية ، لأنها إذا أضيفت إلى الصلب زادت من جفافه وقسوته .

وهذه المعادن هي « المنجنيز » المنصهر رقم ٢٥ ، و « موليبدنم » رقم ٤٢ ،  
و « اللورام » رقم ٧٤ . وأكثر خامات المنجنيز شيوعاً هو « البيروكسيت »  
الذي يتكون من ثاني أكسيد المنجنيز ( ويتكون جزئته من ذرة واحدة من



المنجنيز وذرتين من الأكسجين). وفي الواقع يعتبر المنجنيز أكثر المعادن الثقيلة انتشاراً بعد الحديد . كما أنه يشابه الحديد ( جاره الأيمن في الجدول الدوري ) في المظهر ولكنه أصلد من الحديد ، وعلى خلافه فهو هش تماماً . ولقد خلط الرومان القدماء بين البيروليوسيت والماجنتيت ( الأكسيد المغناطيسي للحديد ) الأسود اللون هو الآخر . وعلى ذلك فقد سمو البيروليوسيت « المانجر » . وفي المصور الوسطى كان الكيميائيون يخطئون في كتابة وفي نطق هذا الاسم ، وقد انتهى الأمر إلى أن يصبح « منجنيز » . ولقد عزل المنجنيز لأول مرة كمعدن بواسطة كيميائي يدعى « ج . ج . جان » عام ١٧٧٤ . ومركبات المنجنيز مثل الكروم ملونة في المادة وتوجد في الطبيعة على شكل مركبات للمنجنيز من مختلف الألوان ( أبيض وبني وأخضر وبفسجي ) وقد استخدمها الفنانون كأصباغ لمدة قرون : وأكثرها شيوعاً هي صبغة بنية في لون الجوز تحضر بطحن « أكسيد المنجنيز » ( الذي يحتوي جزيئه على ذرتين من المنجنيز وثلاث ذرات من الأكسجين ) مع أكسيد الحديد والألومنيوم . ويدعى هذا « بالمنجنيز البني » وتستخدم كبرونات المنجنيز ( التي تدعى أيضاً بالمنجنيز الأبيض ) كصبغة بضاء .

وأكثر خامات المولبدنم انتشاراً هو « الموليبدنيت » وهو عبارة عن كبريتيد المولبدنم الذي يحتوي جزيئه على ذرة من المولبدنم وذرتين من الكبريت ) . ولهذا الخام مظهر رصاصي ولذلك يسمى بالكلمة اليونانية التي تعني رصاص . وقد اكتشفه « ب . ج . ويلم » في عام ١٧٨٢ .

وقد اكتشف الونفرام مرتين . فقد اكتشفه « شيل » عام ١٧٨١ في معدن يدعى التنجستن التي تعني بالدقة الكلمة السويدية « الحجر الثقل » . وهذا المعدن مثل الباريت أثقل من الجرانيت مرتين . وهو يدعى الآن الشيليت تكريماً لشيل . وقد اكتشف العنصر في عام ١٧٨٣ بشكل مستقل بواسطة آخرين هما دون فوستو ودون جوان جوازيه دي الهيواري في معدن يدعى « الونفراميت » . ولذلك

فلعنصر اسمان ، واسمه الرسمي ولقرام . أما في أمريكا وبريطانيا فقد تعودنا أن نطلق عليه اسم « التنجستن » نسبة إلى المعدن السويدي . ولقد كان الرجل الذي أوضح لأول مرة عام ١٧٨٥ أن للمعدن الناتجين من الشيليت والوافرايت هما شيء واحد هو « رودلف إربيل ريسب » وهو معروف بشكل أفضل ككولف لقصص « البارون مانتشوزن » . وجميع هذه المعادن الثلاثة يمكن أن تضاف إلى الصلب .

فصلب التنجيز الذي يحتوي على ١٣ ٪ أو أقل من المنجنيز صلب جداً يستخدم على سبيل المثال لصنع أسلحة تحطيم الصخور . و صلب للمولبدنم الذي يحتوي على ٢ ٪ أو أكثر من المولبدنم يلين عندما يسخن وهو يستخدم في آلات القطع السريعة الحركة . وهذا أيضاً أحد استخدامات صلب التنجستن الذي يحتوي على الكروم وعلى ٧ — ٢٠ ٪ من الوافرام والذي يتبقى صلباً حتى عندما تصل حرارته إلى درجة الاحمرار . ويستخدم صلب التنجستن أيضاً في طلاء الأسلحة في أنواع خاصة من الرصاص القوي ويحترق طلاء الدروع . ويضاف التنجستن والكروم أيضاً إلى الكوبالت لتشكيل السبائك الشديدة الصلابة . و صلب المولبدنم في غاية الصلابة وهو يستخدم في مواسير البنادق والدروع وخزائن البنوك وما إلى ذلك .

ويمكن أن يضاف المنجنيز إلى النحاس لتشكيل « برونز المنجنيز » . وإحدى هذه السبائك تحتوي على النيكل أيضاً وهي « المنجافين » ، الذي يعتبر موصلًا رديئاً للكهرباء ، ويستخدم بنفس الطريقة مثل النيكروم .

وثاني أكسيد المنجنيز أسود اللون يضاف أحياناً إلى الزجاج ليعادل اللون الأخضر الذي يرجع إلى مركبات الحديد . وبمرور السنين يتحول ثاني أكسيد المنجنيز في مثل هذا الزجاج إلى برمنجنات الصوديوم ( التي يحتوي جزئياً على ذرة من الصوديوم وذرة من المنجنيز وأربع ذرات من الأكسجين ) حيث تأتي ذرة الصوديوم وذرات الأكسجين الإضافية من سليكات الصوديوم الموجودة في

الزجاج . ورمجنات الصوديوم مركب قرمزي داكن . وبذلك يكتسب الزجاج لوناً بنفسجياً فاحماً . ولبعض المنازل في يوسطن ألواح قديمة جداً من زجاج النوافذ من هذا اللون تقدر تقديراً عالياً بواسطة أصحابها كتحف أثرية . وبعض سبائك المنجنيز المحتوية على الألومنيوم والقصدير والأنتيمون والنحاس مغناطيسية جداً بالرغم من أنها لا تحتوى على حديد . والواقع أن سبيكة من المنجنيز والبرزموث يمكن أن تفكك مغناطيساً من الصبب إزالة مغناطيسية أكثر من المغناطيس الصلب . ويمكن أن تستخدم بعض سبائك الكروم أيضاً لصناعة المغناطيسات القوية . ومثل هذه السبائك المغناطيسية الخالية من الحديد تسمى سبائك هيوزل نسبة إلى الرجل الذى اكتشفها لأول مرة ، ويرجع ذلك إلى عام ١٨٩٨ .

ويعتبر كل من المنجنيز والمولبدنم عنصرين نادرين لازمين في الأنسجة الحية . ولقد اكتشفت الحاجة إلى كميات ضئيلة من المولبدنم في الجسم البشرى في الخمسينات فقط .

### الأسلاك الرفيعة المتوهجة:

يجب أن تتميز الأسلاك أو الفتائل في المصابيح الكهربائية بخاصتين : الأولى أن توصل الحرارة بشكل ردى . للدرجة التى تسخنها لتقطة التوهج الأبيض عندما تمر الكهرباء خلالها . والثانية أن تكون درجة انصهارها مرتفعة جداً بحيث لا تصهرها الحرارة ( ويجب أن يهتم المرء باحتراقها حيث أن المصابيح الكهربائية مليئة بالآرجون ) .

وعندما اخترع « توماس إديسون » الضوء الكهربائى عام ١٨٧٩ استخدم

السكرين كفتيل ، لأنه كانت له أعلى درجة انصهار معروفة — حوالى ٣٥٠٠ درجة م . وهو موصل ردى ، ولكن نظراً لأنه ليس بمعدن فلا يمكن سحبه على شكل سلك وإنما كان من الضروري ترسيبه على خيوط القطن أو ألياف الخيزران : ومع ذلك أبقي إديسون داخل المصباح مغلخلاً . ولكن نظراً لأن القطن أو الخيزران يتحطلان بالحرارة فإن الفتيل كان يتساقط عند احتراق المصباح .

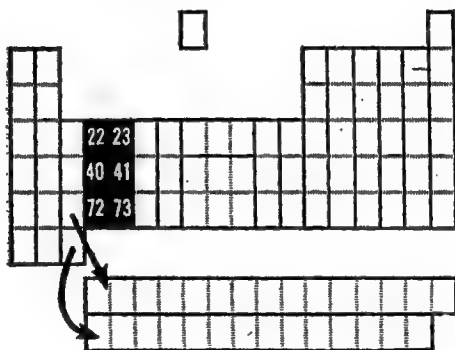
ولقد تمت محاولة استخدام الأوزميوم بعد ذلك كما سبق أن ذكرت . وفي النهاية بذلت المحاولة بالولفرام لأن توصيله للكهرباء والحرارة ضعف الممادن البلاتينية ، ولكن درجة انصهاره أعلى من الأوزميوم ، إذ ينصهر الأوزميوم عند درجة ٢٧٠٠ درجة م ، وينصهر الولفرام عند ٣٣٧٠ م . والواقع أن الولفرام له أعلى درجة انصهار بين الممادن — ولا ينصهر عند درجة أعلى منه إلا السكرين .

والعنصر الذى يقع على بين الولفرام مباشرة فى الجدول الدورى هو الرينيوم ( العنصر رقم ٧٥ ) . وهو يشابه الولفرام فى خواصه إلا أنه نادر جداً . وهناك بعض الخامات التى تحتوى على جزء من مليون من الرينيوم ومع ذلك تعتبر غنية حقاً ، لأن بعض الخامات تحتوى على نسب أقل بكثير من ذلك . ولم يكتشف الرينيوم إلا عام ١٩٢٥ ، وعند ذلك فقط اكتشف بواسطة مقياس الطيف ( مثل الروبيديوم والسيريوم ) على يد مجموعة من ثلاثة من الكيميائيين الألمان وهم « ولتر نوداك » و « إيدناك » و « أوتو برج » . لقد كانوا يعرفون تماماً ما كانوا يبحثون عنه . ومنذ ذلك الوقت تدعم الجدول الدورى وعرف الكيميائيون أين تقع بالدقة العناصر الناقصة . وقبل العثور على الرينيوم كان يشار إليه فى الواقع على أنه « ثانى التنجيز » . ولقد كان هو العنصر المقتصد فى الفراغ رقم ٧ تحت التنجيز . وكان هناك أيضاً أحادى التنجيز فى « الفراغ رقم ١ » ولكننى سأحدث عنه فيما بعد .

ولقد سمي نوداك والآخرون العنصر الجديد باسم نهر الراين ( مستخدمين الاسم اللاتيني ) الموجود في ألمانيا ، فأصبح اسمه الرينيوم .

ودرجة انصهار الرينيوم حوالي ٣٠٠٠ م — فهو ثاني المعادن العالية الانصهار .  
وبما أنه لا يوصل الحرارة إلا بدرجة تبلغ  $\frac{1}{2}$  الولفرام ، فن الأرجح أن يشكل  
متأثلاً جيدة للضوء الكهربائي إذا لم يكن نادراً لهذا الحد . وهو يستخدم في بعض  
أقلام الحبر بكميات ضئيلة جداً .

التيان يوم  
الخصم صاحب المستقل



قد لا يوجد عنصر في الجدول الدورى للعناصر أهل بشكل غير عادى مثل «التيتانيوم»، العنصر رقم ٢٢. حتى وقت قريب لم يكد أحد سوى الكيمائيين المحترفين يعرف شيئاً عنه، ومع ذلك فهو أحد العناصر الشائعة، إذ يكون ٠.٧٪ من القشرة الأرضية. وقد لا مدو هذا كثير أو لسكنه يعنى عشرة أرباط في الطن.

و يوجد من التيتانيوم ما يزيد عن ثلاثة أمثال الكلور في القشرة الأرضية  
وأكثر من ستة أمثال الفوسفور . ومع ذلك فكل من الكلور والفوسفور عنصر

شائع بكل تأكيد . والتيتانيوم منتشر بنسبة تبلغ ٦٠ إلى ٣٠٠ ضعف المعادن النافعة مثل النحاس والرصاص والحارصين . ومع ذلك ، ففي وقت قريب لم يكن التيتانيوم معروفاً .

وهناك سبب مقنع لذلك . فمُنصر مثل الرصاص قد لا يوجد في أغلب الأماكن ولكنه يتكوم في أماكن قليلة ، وفي هذه الأماكن يتم تعدينه . أما التيتانيوم من الناحية الأخرى ، فهو مبعثر في كل مكان .

ولقد أدرك رجل إنجليزي من رجال الدين وكيميائي في نفس الوقت هو « وليام جريجور » وجود عنصر جديد في « الإلمينيت »<sup>(١)</sup> ( خام يحتوي على كل من الحديد والتيتانيوم ) . ولقد سماه « م . هـ . كلايروت » في عام ١٧٩٤ بالتيتانيوم على اسم المعلقة<sup>(٢)</sup> التي هي ذات قوة هائلة في الأساطير ، ولكنه قال في كتاباته إنه ليس لديه سبب معين دعاه إلى ذلك .

وأهم خامات التيتانيوم هو « الروتيل »<sup>(٣)</sup> الذي يتكون من « ثاني أكسيد التيتانيوم » ( ويحتوي جزيئه على ذرة من التيتانيوم وذرتين من الأكسجين ) . ويمكن أن يوجد ثاني أكسيد التيتانيوم كجواهر شفافة أمكن منذ عام ١٩٤٩ أن تحضر بشكل صناعي . وهذه الخامات تكسر الضوء بدرجة أكثر من الماس . وإذا ما قطعت جيداً ، فهي تبرق وتتلألأ وتضيء بشكل أكثر من الماس . والمشكلة بالنسبة للروتيل هي أنه ليس صلباً ولهذا فن السهل خدشه .

ومسحوق ثاني أكسيد التيتانيوم المسمى « بالتيتانيوم الأبيض » هو أكثر المواد المعروفة بياضاً ، أي أن الأوقية منه إذا ما مزجت مع الألوان بنسب

---

Ilmenite (١)

Titans (٢)

Rutile (٣)

مناسبة ، فيمكنها أن تبيض مساحة أكثر من أوقية من أى صبغة يبيضه أخرى .  
وأكثر من ذلك ، فثاني أكسيد التيتانيوم ليس ساماً ، ولا يزول لونه بواسطة  
مركبات الكبريت . ولهذا فهو يحل محل الرصاص الأبيض .

أما رابع كلوريد التيتانيوم <sup>(١)</sup> ، (ويعتوى الجزئ منه على ذرة من التيتانيوم  
و ٤ ذرات من الكلور) ، فمائل يدخن بشكل قوى إذا لامس الهواء ، ولذلك  
يستخدم في الإشارات الموائية ولإطلاق سحب الدخان .

ولكن التيتانيوم نفسه يعتبر نوعاً من السندريللا . قد كان ينظر إليه دائماً على  
أنه معدن هش وغير مفيد ، وأنه لا جدوى منه . وكانت المشكلة هي أن أحداً  
لم يستطع الحصول على المعدن نقياً . ولقد حضره « برزيلوس » لأول مرة كسحق  
أسود غير نقي عام ١٨٢٥ . أما « مواسان » (أول من عزل الكلور) قد نافسه في  
ذلك سنة ١٨٩٥ ، ولكن تلك العينات احتوت على ٢ / ١ من الكربون . ويحدد  
التيتانيوم بسرعة مع الأكسجين والنيتروجين والكربون والسليكون ، وهى العناصر  
بالذات التى من الأرجح أن تصل به . ويمكنه أن يحترق حتى فى النيتروجين ولذا  
يجب أن يتم لحامه فى جو من الهيليوم .

وعادة ما يحضر على شكل سبيكة مع الحديد ، هى « التيترو تيتانيوم » ويمكن  
الاستفادة من نشاطه وهو بهذا الشكل كما يمكن أن يضاف بكميات ضئيلة إلى الصلب  
المصهور ليعمل « ككفاس » ، فالتيتانيوم يتحد مع الأجزاء الضئيلة من الأكسجين  
والنيتروجين التى من الصلب للتصهر . وعندئذ ، فعندما ما يبرد الصلب ويتصلب ،  
لا تبقى فيه أى فقاعات غازية ضئيلة مخبئة لتضعفه .



وعندما يحفر التيتانيوم أخيراً بشكل تقى تحول إلى معدن مثير للدهشة. فهو لا يتشتم على الإطلاق ، ولكنه قابل للسحب وجاف . وهو يقاوم التآكل بالذات عندما تضاف إليه كمية صغيرة جداً من البالاديوم . أى أنه إذا ما سحب رطل من التيتانيوم فى شكل قضيب طوله قدم ، يمكنه أن يتحمل ثقلاً أكبر من رطل من الصلب مسجوب على شكل قضيب طوله قدم . ولما كان التيتانيوم أخف من الصلب ، فالرطل من التيتانيوم يمكن أن يصنع قضيباً أسمك من رطل الصلب .  
والتيتانيوم خفيف جداً أيضاً : إنه  $\frac{1}{5}$  وزن الصلب فقط ولكنه ضعف وزن الألومنيوم .

وباختصار فقد أصبح التيتانيوم فاتناً لجأة . وتعمل الصناعة الآن بمجنون لتعثر على طرق أفضل لإنتاج أكثر وأكثر من التيتانيوم . وهناك كل الأسباب لأن تتوقع أن هذا المعدن المهمل « والتير مفيد » سيصبح فى يوم ما تالياً للحديد والألومنيوم وحدهما فى الأهمية . وفى النهاية فهو يجمع بين الخفة والقوة ولا يمكن لأحد أن يطلب أكثر من ذلك .

### أنواع من الصلب أكثر صلابة :

والعناصر التى تحت التيتانيوم فى الجدول الدورى وفى الصف الذى على يمينه تشبهه فى عدة أوجه ولكنها ليست شائعة مثله .  
فهناك معدن يدعى « الزيركون » يوجد أحياناً فى شكل شفاف ويمكن أن يستخدم كالجواهر الثمينة . ويمكن أن تشتري الزركونات بسر رخيص تماماً وهى تشبه الماس إلى حد كبير . وقد اشتق الزيركون اسمه من كلمة فرنسية مشتقة من الكلمة البرتغالية التى اشتقت من كلمة عربية مشتقة عن كلمة فارسية تعنى « لون الذهب » لأن بعض الزركونات صفراء اللون .

وفي عام ١٨٢٤ عزل برزيلوس معدناً جديداً من الزركون ، سماه زيركونيوم ، رغم أنه في تاريخ مبكر قبل سنة ١٧٨٩ كان « كلايوت » قد قرر أن هناك معدناً جديداً في هذا المكان . ( الزركون هي سليكات الزيركونيوم ) . والزيركونيوم ، المنصر رقم ٤٠ ، منتشر بنسبة ١ من ٣٠ من درجة انتشار التيتانيوم ، ولكنه أكثر شيوعاً بعشر مرات من الرصاص . وهو مثل التيتانيوم صلب وهش عندما لا يكون هياً ، وقابل للسحب عندما يكون هياً . ويستخدم « الفيروزيركونيوم » وهو شبكة حديدية تحتوي على ٢٠٪ من الزيركونيوم ، ككناس .

ويستخدم كل من الزيركونيوم والتيتانيوم في الجراحة في عمليات إصلاح العظام ، فأكسيد الزيركونيوم ( الذي يحتوي جزيئه على ذرة من الزيركونيوم وذرتين من الأكسجين ) يدعى أحياناً بالزركونيا - وهو يكسر الضوء . ويستخدم لطلاء الأفران . ويمكن أن يستخدم أيضاً مكان أكسيد القصدير الأعلى ثمناً كإداة صاقلة في عمل « المينا » . وعندئذ أيضاً يمتص أكسيد الزيركونيوم أشعة إكس بشدة . وهو غير سام ، ولذلك يمكن أن يستخدم ككهرشاث الباريوم ( انظر الفصل ١٤ ) في دراسة القناة المضمية . وليس هذا كل شيء . فمتدا يسخن ، يصدر أكسيد الزيركونيوم ضوءاً أبيض حتى إنه من الممكن استخدامه كنوع من الضوء الصناعي ( انظر الفصل ١٣ ) لتكبير الصور السينمائية مثلاً . وله أيضاً قدرة على مقاومة الضربات في الحرارة مثل الكوارتز ، ويمكن لهذا السبب أن تصنع منه بواتق جيدة للعمل . ولذلك نجد أن أكسيد الزيركونيوم مادة شاملة النفع حقاً .

وحيثما يوجد الزيركونيوم فغالبا ما تجد أيضاً حوالى ١٪ أو ما إلى ذلك من المنصر الذي يليه مباشرة في الجدول الدوري . ( وفي الواقع لم يحصل إلا منذ بضعة سنوات فقط على الزيركونيوم هياً دون المنصر المرافق ) . ولقد شك الكيميائيون

في وجود هذا العنصر بفضل الجدول الدوري . وفي عام ١٩١١ أعلن كيميائي فرنسي أنه قد اكتشف العنصر الذي يملأ الفراغ التالي للزركونيوم وسماه السكيتيوم نسبة للشعب السكتي الذي عاش في فرنسا في زمن الرومان . ثم اتضح أن هذا الاكتشاف غير صحيح .

ومع ذلك ، ففي عام ١٩٢٢ ، اكتشف كيلوي مجري هو « جورج فون هيفسي » وعالم طبيعة هولندي يدعى « دبريك كوستر » ( وكانا مختبران ، في كوبنهاغن ، زيركونا حصلا عليه من الترويج ) اكتشفا نهائياً هذا العنصر الجديد . ولقد أسماه « الهافنيوم » Hafnium نسبة إلى شكل لاتيني من اسم كوبنهاغن . ويعتبر الهافنيوم دائماً عنصراً نادراً جداً ولكنه في الواقع أكثر انتشاراً من الرصاص بنسبة ٥٠٪ : إنه العنصر رقم ٧٢ .

ولا بدعو التأخير في اكتشاف الهافنيوم لمدة قرن كامل بعد الزركونيوم إلى الدهشة . فلا يكاد يوجد عنصران في كل القائمة متشابهين مثل الزركونيوم والهافنيوم ، وقد كان الشعور على قدر ضئيل من أحدهما في كمية محدودة من الآخر مهمة شاقة . ولقد كان ذلك يعني أيضاً أنه إذا ما كان الزركونيوم أو مركب الزركونيوم مفيداً لسبب ما فإنه يمكن استخدام الهافنيوم أو مركبات الهافنيوم المشابهة في نفس الغرض . ومع ذلك ، فالهافنيوم لأنه أكثر ندرة ، فهو أكثر تكلفة من الزركونيوم .

ولقد اكتشف العنصر التالي لثيتانيوم مباشرة من المين في الجدول الدوري بواسطة كيميائي سويدي هو « ن. ج. سفستروم » عام ١٨٣٠ ، وسماه بالقاناديوم ( العنصر رقم ٢٣ ) نسبة إلى الالهة الإسكندنافية القديمة تدعى « قاناديس » . وهو في درجة انتشار الزركونيوم .

ويستخدم التيتانيوم والزرنيخ كنيوم والفاناديوم في سبائك الصلب . و صلب الزرنيخ كنيوم صلب ولا يتغيره الرصاص . و صلب الفاناديوم ( الذي يحتوي على الكروم أيضاً ) في غاية المرونة ، فمن الممكن أن يطغى الصلعات دون أن يشوه . ويستخدم صلب الفاناديوم لذلك في الزنبركات ومحاور العجل أو عرش كرنك العربات أو عرش عجلة القيادة . وعندما يضاف التيتانيوم إلى أنواع الصلب يمدّها بالقوة ومقاومة البلى . ومثل هذه السبائك تستخدم في قضبان السكك الحديدية .

وقد اكتشف العنصر إن التالين تحت الفاناديوم في الجدول الدوري في نفس الوقت تقريباً . فقد درس كيميائي إنجليزي يدعى « شارلس هانت » معدناً أرسل إلى إنجلترا من كونكسكت بواسطة أول حاكم لها في القرن السابع عشر . وقد قرر في عام ١٨٠١ أنه يحتوي على معدن جديد سماه « الكولومبيوم » نسبة إلى كولومبيا : الاسم الشرفي للولايات المتحدة والمشتق من كريستوفر كولومبس . وفيما يخص أصل المعدن فهو اسم مناسب ولكنه لا ينطبق .

ولقد اكتشف الكيميائي السويدي « أندريه ج. إكبرج » العنصر رقم ٧٣ والذي سماه « التانتالم » نسبة إلى الشخصية الخرافية اليونانية « تانتالوس » الذي عوقب في هايدز بأن غمر حتى ذقنه في الماء دون أن يسبح له بأن يشرب منه ( ومن هنا الكلمة الإنجليزية تانتاليز بمعنى عذب ) . والعلاقة هي أن التانتالم ، حتى إذا ما وضع في حمض ، لا يتحد معه .

ولقد كان هناك ثمة تساؤل في البداية عما إذا كان الكولومبيوم حقاً معدناً منفصلاً أم أنه مجرد شكل آخر من التانتالم . وفي عام ١٨٤٤ أثبت كيميائي يدعى « هنريك روز » نهائياً أن الكولومبيوم عنصر منفصل وسماه « بالنيوبيوم » نسبة

الشخصية الطرافية اليونانية التي تدعى نيوي، ابنة تانتالوس . ورغم أن « النيويوم » قد ووفق عليه كالإسم الرسمي للعنصر رقم ٤١ ، فقد جرت العادة في الولايات المتحدة بأن يسمى الكولومبيوم .

وأكاسيد القاتاديوم والنيويوم والتانتالم جميعها لها درجات انصهار عالية، ولذلك يمكن أن تعتبر « أرضية » . أما محاليل هذه الأكاسيد فتشكل أحماضاً ضعيفة لدرجة أنها تسمى « الأحماض الأرضية » . والمعادن نفسها تسمى المعادن الأرضية الخفيفة . ( تذكر أن الكالسيوم وأقاربه هي المعادن الأرضية القلوية ) .

والنيويوم والتانتالم كلاهما معدن خامد ويمكن أن يستخدم ليحل محل البلاتين في بوائق المعامل وغيرها من تلك الأدوات المماثلة . والتانتالم أفضل من البلاتين من بعض الأوجه . فهو أكثر مقاومة للأحماض . فينصهر عند درجة حرارة أعلى ( ٢٩٩٦° م ) . وقد استخدم مرة في صناعة فتائل الضوء الكهربائي ، ولكنه استعيض عنه الآن بالولفرام . وعندما يضاف النيويوم إلى الصلب غير القابل للصدأ، فهو يحسن من مقاومته للتآكل . أما كريد النيويوم ، وكريد الزيركونيوم وكريد التيتانيوم وكريد التانتاليوم جميعها مواد صلبة جداً يمكن استخدامها ككشطات .

ويستخدم التانتاليوم أيضاً لعمليات الإصلاح في الجسم ، كما في صحنات الجمجمة لأنه ( مثل الزيركونيوم والتيتانيوم ) لا يتأثر بسوائل الجسم .

وربما يعطى التانتاليوم والزركونيوم ضوءاً عند الاشتعال أكثر من الماغنسيوم . وهذا يناسب التصوير الفوتوغرافي بالضوء الصناعي — ولكنه بالطبع أكثر تكلفة من الماغنسيوم ، الأمر الذي يجعله غير شائع الاستعمال .

والتاتاليوم والنيوبيوم هما للمادتان اللتان تصنع منهما الأسلاك الدقيقة  
للكريوترون (التي أشرنا إليها في الفصل الرابع) . وتصبح بعض سبائك النيوبيوم  
عالية التوصيل عند درجات الحرارة الأعلى أكثر من أى مادة أخرى معروفة  
لأنها عالية التوصيل « انظر الفصل الرابع » عند درجات الحرارة حتى عند ١٨ فوق  
الصفر المطلق .



## الفصل الحادى والعشرون

## البوروزون

عنصر الصخر

The diagram shows a 10x10 grid. A 3x3 sub-grid is highlighted in the top-left corner. The sub-grid is labeled with numbers 5, 31, 49, and 81. A curved arrow points from the sub-grid to a larger grid below.

زجاج من أجل الطهو :

من الملاحظ أن العناصر الأخرى التي تقع في نفس العمود من الجدول الدوري مع الألومنيوم نادرة تماما . وهي بالتأكيد لا تشبه الألومنيوم المتأين من هذه الناحية . وبعضها لا يشبه الألومنيوم من أوجه أخرى أيضا .

العنصر السابق للألومنيوم في الجدول الدوري مثلاً هو البورون ، العنصر



رقم ٥ ، وهو ليس حتى بمعدناً . إنه أحد المواد الثلاث النير المعدنية التي تركناها لتناقشها فيما بعد . وتشبه ذرة البورون ، ربما نظراً لحجمها الصغير ، ذرة الكربون أو السليكون أكثر مما تشبه ذرة الألومنيوم .

فالبورون مثلاً أسود وصلب جداً ودرجة انصهاره ٢٣٠٠° م . ومن هذه الناحية فهو يشبه الكربون . ومثل السليكون ، فهو يشكل ، مع الكربون ، مركباً يشبه كريد السليكون في صلابته . ولقد ظن بعض الناس أن هذا المركب ، كريد البورون ( الذي يحتوي جزيئه على ٤ ذرات من البورون وذرة من الكربون ) ، أصلب من اللاس نفسه ، ولكن الأرجح أن الأمر ليس كذلك . ولكن في عام ١٩٥٦ حضر نوع خاص من « نيتريد البورون » وهذا على الأرجح في نفس صلابه اللاس وربما أكثر صلابه . فدراته مرتبة مثل ذرات الكربون في اللاس ، بالتبادل مع ذرات البورون والتيتروجن . ومن الممكن أن يسخن إلى درجات من الحرارة أعلى من اللاس لأن اللاس يحترق بينما لا يحترق نيتريد البورون .

وللبورون علاقة أكثر من ذلك بالصلابة . فإذا أضيفت كميات ضئيلة منه إلى الصلب ، حتى لو كانت صغيرة لدرجة حره في العشرة آلاف ، فإنها تقوى الصلب بشكل ملحوظ .

والمركب المؤلف من البورون والفوسفور ، الذي يحتوي جزيئه على ذرة من كل منهما يسمى « فوسفيد البورون » : ومن الممكن أن يستخدم كترانزستور ( انظر الفصل ١٧ ) عند درجات الحرارة العالية التي يمكن أن تلف الترانزستورات العادية للصنوعة من السليكون أو الجيرمانيوم .

ويشبه البورون الكربون أيضاً في تشكيل سلسلة من المركبات المعقدة مع

الإيلزويجين . وتستخدم « ثاني هيدرات البورون » الآن لإضافة قوة أكثر إلى الجارواين . وهي تعتبر أيضاً بشكل عام أحسن الأشياء التي في متناول اليد للاستخدام في الوقود الشديد المطلوب في الصواريخ الضخمة ، وفي كل مجال . فالبورون هو مثل آخر من الأمثلة على العناصر التي تشبه عناصر المجموعة الملاصقة أكثر مما تشبه مجموعتها هي .

ويشبه « أكسيد البورون » ( الذي يحتوي جزيئه على ذرتين من البورون وثلاث ذرات من الأكسجين ) ثاني أكسيد السليكون في بعض الأوجه . فمن الممكن أن يصهر مع ثاني أكسيد السليكون لتكوين « زجاج البوروسليكات » . ولا يتمدد زجاج البوروسليكات أو يتقلص بنفس درجة الزجاج العادي ، ولذلك فهو لا ينكسر عند انتقاله من درجة حرارة منخفضة إلى درجة أعلى أو العكس . ومن هذه الناحية فهو ليس في جودة الكوارتز ، ولكن صنّاع الزجاج يجدون من الأسهل العمل به . ولهذا السبب فمنتجات البوروسليكات أرخص من منتجات الكوارتز . والإسم التجاري الشائع لهذا النوع من الزجاج هو « البيركس » . ومعظم المطايخ في هذه الأيام بها أوان للطهو من البيركس من مختلف الأنواع . ومثل هذه الأواني يمكن أن تسخن مباشرة على لهب الغاز أو على البخان الكهربائي . ويمكن أن تؤخذ زجاجات الأطفال ( البرازات ) المصنوعة من سليكات البورون من التلجّات وأن تسخن مباشرة .

وفي المعامل الكيميائية أيضاً نجد زجاج سليكات البورون مفيداً جداً . فمعظم زجاجات المعامل ودوائقه مصنوعة اليوم من البيركس . ومرآة التلسكوب ذي الـ ٢٠٠ بوصة الموجود في مرصد « بالومار » مصنوعة من نوع من زجاج البيركس .

ومن الممكن إنتاج ألياف رقيقة من زجاج اليركس هي صوف الزجاج ، كما لو كانت قطعاً . ومن الممكن ، « كزجاج ليفي » ، أن تنسج في شكل قماش مضاد للتيران .

وأفضل مركبات البورون المعروفة « البوراكس » ، واسمه الكيميائي رابع بورات الصوديوم ( ويتكون جزئياً من ذرتين من الصوديوم ، وأربع ذرات من البورون وسبع ذرات من الأكسجين ) . ولقد عرف منذ وقت طويل . ولقد اشتق اسم « بوراكس » في الأصل من اللغة الفارسية . فعندما فصل كيميائيان فرنسيان هما « ج . ل . جاي لوساك » و « ل . ف . ثنارد » البورون الثير النقي لأول مرة عام ١٨٠٨ ، اشتقا اسمه من اسم هذا المركب المألوف . ولذلك فكل من البورون والزيروكو نيوم له اسم يدين به لغة الفارسية . ولم يحصل على بلورات شقية للبورون حتى عام ١٩١٠ .

ويستخدم البورا كس كإسبر للماء . فهو يتحد مثل كربونات الصوديوم مع مركبات الكالسيوم أو الماغنسيوم أو الحديد التي قد تكون ذائبة في الماء ، مكوناً مركبات غير قابلة للذوبان ، تبقى في الماء ، وتصبح غير ضارة . وهو يستخدم أيضاً لتحضير دهان الخزف ذي درجة الانصهار المنخفضة اللازم في صناعة الصيني والطلاء الخارجي ويمكن أن يستخدم كذئب ( أنظر الفصل ٧ ) في عمليات اللصق واللاحام .

وأفضل مصادر البورا كس بعض البحيرات الجففة . ومنذ عدة أحقاب ، كان وادي الموت في كاليفورنيا أحسن مصدر . وكانت العربات التي تجرها الجموع المشهورة المكونة من عشرين بئلاً — عشرة أزواج من البغال مربوطة في طابور طويل — تذهب إلى هناك لنقله . واليوم تعتبر بعض البحيرات الجففة الأخرى في

كالتورنيا مصادر أفضل . ولهذا السبب وضعت البورون تحت عنوان « عنصر الصحراء » في عنوان هذا الفصل .

وأ كسيد البورون هو أحد مركبات البورون المألوفة الأخرى ( ويحتوى جزيئته على ثلاث ذرات من الإيدروجين وذرة من البورون وثلاثة من الأكسجين) . إنه حمض ضعيف لدرجة أنه يجب عدم اعتباره هو الآخر حمضاً على الإطلاق . إنه مضاد ضعيف للحويات ، وهو يذوب أحياناً في الماء ويستخدم كفضيل للعين . وإذا كانت الأنسجة الرقيقة للعين تستطيع أن تتحملة ، فيمكنك أن ترى كم يستحب أن يكون حمضاً ضعيفاً .

إن البورون من العناصر التي لا بد من وجودها في النبات بكميات قليلة . ومع ذلك فلا يبدو أن الحيوانات في حاجة إليه .

#### التنبؤات واخلد الماء .

يقع تحت الألومنيوم مباشرة في الجدول الدوري عنصر يستخدم كثال آخر على القوة التنبؤية للكيميائي الرومي « مندليف » . ففي عام ١٨٧١ أشار إلى المكان الفارغ تحت الألومنيوم وتنبأ بخواص العنصر (سماء إكا الألومنيوم) الذي سيملاً هذا الفراغ . وعندما اكتشف الكيميائي الفرنسي « ب . أ . لسكرك دي بواسبودران » العنصر رقم ٣١ في عام ١٨٧٥ ، ثبت أن « مندليف » كان مصيباً . ولقد سمي العنصر « بالجاليوم » ، من « جاليا » ، الإسم الروماني لبلاد التي تدعى الآن فرنسا .

وللجاليوم درجة انصهار منخفضة متادة ٣٠°م (٨٦ فهرنهايت) وهو لذلك سائل في اليوم الصيفي الحار ، ويمكن أن تنصهر الكتلة في يدك حيث أن درجة

حرارة الجسم هي  $37^{\circ}\text{م}$ . وفضي الجاليوم عند  $1600^{\circ}\text{م}$ . ويصدق بعض الناس أنه يمكن أن يصلح سائلاً جيداً لترمومترات ذات درجات الحرارة العالية . فالزئبق لا يصلح لدرجة الحرارة الأعلى من  $350^{\circ}\text{م}$  لأنه يغلي عند هذه الدرجة .

والعنصران اللذان تحت الجاليوم هما الإنديوم ، رقم ٤٩ والثاليوم رقم ٨١ . وقد اكتشف الإثنان بواسطة مقياس الطيف . ففي عام ١٨٦٣ لاحظ كيميائيان ألمانيان هما « فريدناند رايخ » و « تيودور رشتير » ، داخل لمب طيفي خطأ ملوئاً جديداً لا ينتمي لأي عنصر معروف حينذاك . ولأن لون الخط كان أزرق بلون النيلة ، فلذلك أطلقوا على العنصر الجديد إنديوم . ويطلق الإنديوم على الفضة أحياناً لمنع التآكل . إنه أحد للمادن الأكثر ليونة ، ويمكن أن يقطع بسهولة بواسطة السكين . وقبل ذلك في عام ١٨٦١ ، لاحظ عالم بريطاني أيضاً هو « سير وليام كروكس » خطأ جديداً في الاله الطيفي . ولما كان هذا الخط أخضر فقد سمي العنصر بالثاليوم من الكلمة اليونانية « براءم الثين » .

والثاليوم عنصر غريب الأطوار . فهو يشبه كثيراً من العناصر الأخرى التي أطلق عليها الكيميائيون « خلد الماء » في الجدول الدوري (وخلد الماء هو حيوان أسترالي له فراء مثل الثدييات ولكنه يبيض مثل الطيور والزواحف ، وله منقار وقدم وذو غشاء بين الأصابع مثل البطة ، ولكنه يقفز على رجليه الخلفيتين مثل الديك . والمنقار سام مثل ناب الحية ) . والثاليوم ليس شيئاً في الواقع مثل هذه ، ولكنه مميّز بالدرجة الكافية لإرباك الكيميائيين . فهو كالرصاص لين وثقيل وينصهر عند درجة حرارة منخفضة . ومركباته سامة مثل مركبات الرصاص (فكبريتات الثاليوم التي تمتص على ذرتين من الثاليوم وذرة من الكبريت وأربع ذرات من الأكسجين في

الجزء، تستخدم كم للتمل . وأحد الأعراض للمسكرة. تقسم بالتاليوم هي  
تساقط الشعر . ولكن التاليوم يكون أكسيدا يشبه أكسيد النجيز والأكومنيوم  
أكثر مما يشبه أكسيد الرصاص . كما أنه يشكل مركبات أخرى تشبه مركبات  
الصوديوم والبوتاسيوم ، والناصر التي لا تقرب منه إطلاقاً في الجدول الدوري .

وإذا ما خلط جزء من التاليوم مع أحد عشر جزءاً من الزئبق ، فالخليط لا يتجمد  
حتى يصل درجة حرارة ٦٠°م تحت الصفر . وأعتقد أن هذه هي أدنى درجة تجمد  
سجلت لأي معدن أو خليط من المعادن .



اليستريوم  
العنصر الاسكندرياني



في عام ١٧٩٤ وجد رجل يدعى « ج . جادلين » ، وهو مواطن من فنلندا ، نوعاً جديداً من المعادن في السويد بالقرب من مدينة صغيرة تدعى « بيتري » .  
وقد سماه « بيتريا »<sup>(١)</sup> . ولقد ثبت أن هذا المعدن يحتوي على عنصر جديد كان من الطبيعي تماماً أن يدعى بيتريوم<sup>(٢)</sup> . إنه العنصر رقم ٣٩ .

yttrium (r)



ومع ذلك فالقصة لا تنتهي هنا . فقد جعلت الأبحاث التالية الأمر محاطاً  
بالتقوض لبعض الوقت . وفي عام ١٨٤٣ وجد كيميائي يدعى « ك. ج. موساندر »  
أن اليتريا يمكن أن ينفصل إلى ثلاثة أجزاء ذات خواص كيميائية مختلفة إلى حد ما .  
ولقد استمر في تسمية أحد الأجزاء باليتريا <sup>(١)</sup> . وسمي الجزئين الآخرين  
« بالتريا <sup>(٢)</sup> » « والإيريا <sup>(٣)</sup> » وكلا الإسمين مشتق من إسم المدينة الصغيرة  
« ييتري » <sup>(٤)</sup>

وبعد ذلك ، وعاماً بعد عام ، بدأ الكيميائيون ، الواحد بعد الآخر ، يجهون  
عناصر جديدة في هذه المعادن وفي معادن مشابهة . وفي النهاية اكتشفت سلسلة  
من خمسة عشر عنصراً ، ذات أرقام من ٥٧ إلى ٧١ .

وكل هذه العناصر متشابهة : ولها جميعاً نفس الخواص الكيميائية تقريباً .  
وأشوأ من ذلك ، يبدو أنها تنتمي جميعاً إلى نفس المكان في الجدول الدوري .  
وسلوكلها يدل على أن كلاً منها يجب أن يوضع مباشرة تحت « اليفريوم » .

ومن الطبيعي أن ذلك أربك الكيميائيين وأرهمهم . فقد قلبت هذه الميزات  
الجدول الدوري رأساً على عقب ، وهو الجدول الذي كان يعمل بشكل طيب قبل  
ذلك . ولحسن الحظ ، فند عام ١٩٠٠ ، تعلم الكيميائيون قدراً مناسباً عن التركيب  
الداخلي للذرات . وأخيراً اتضح السبب الذي يؤدي إلى تشابه هذه العناصر بحيث  
نستطيع تحديد مكان خاص لها في الجدول الدوري بطريقة عامة جداً . وهذا هو  
التفسير : تحتوي الأجزاء الخارجية من الذرة على أجزاء دقيقة ( أدق من الذرات

---

Yttria (١)

Torbia (٢)

Erbia (٣)

Ytterby (٤)

نفسها) تسمى «الإلكترونات». وعدد الإلكترونات في ذرة العنصر المحدد يساوى رقم ذلك العنصر. فالإتريوم مثلاً، وهو العنصر رقم ٣٩، يحتوى على ٣٩ إلكترونات في كل ذرة. وعندما نسير عبر الجدول الدورى من العنصر رقم ١ (الإيدروجين) تضاف إلكترونات جديدة إلى الجزء الخارجى للتطرف للذرة. وتعتمد الخواص الكيميائية للعنصر على ترتيب هذه الإلكترونات الخارجية المتطرفة.

وعندما نصل إلى العنصر رقم ٥٧، ولأسباب معقدة جداً إلى حد ما لدرجة أنه لا يمكن شرحها هنا، تضاف إلكترونات جديدة، لا إلى الجزء الخارجى المتطرف من الذرة، وإنما إلى الأجزاء الداخلية. ويبقى ترتيب الإلكترونات الخارجية كما هو لكل العناصر المرققة من ٥٧ إلى ٧١.

إن ترتيب الإلكترونات الخارجية هو الذى يحدد أين يجب أن يوضع العنصر في الجدول الدورى. والعناصر من ٥٧ إلى ٧١ تبدو كما لو كانت جميعاً تنتمى إلى نفس المكان لأن ترتيب إلكتروناتها الخارجية متشابه. أما ترتيب الإلكترونات الداخلية فيختلف طبعاً. ولكن هذا لا يؤثر كثيراً ما دعنا نبصت الخواص الكيميائية.

ولذلك نجد حالة تشبه مجموعة من ١٥ أسرة تعيش في ١٥ منزلاً متشابهاً بضاحية طاهرة. وكانت المنازل كلها متماثلة. وكان لابد أن تكون قطع الأرض متشابهة بنفس الكيفية. وكانت الأسر تبدو جميعاً متماثلة في حزن الحاد. وكانت الطريقة التى تروث بها المنازل مختلفة من أسرة لأخرى. ولكن هذا الاختلاف لا يتضح بمجرد النظر إلى المظهر الخارجى للمنازل. فالتأثير يشبه الإلكترونات الداخلية. وكل ما نراه من الأشياء الخارجية يشبه «الإلكترونات الخارجية».

### المتطابقات <sup>(١)</sup> (التوائم) :

ذكرنا فيما سبق أن الكيميائيين الأوائل أمموا مركبات الأكسجين مع بعض المعادن « عناصر الأرض ». فأكسيد الكالسيوم وأكسيد الماغنسيوم هي « عناصر الأرض القلوية » ، بينما أكسيد التاناديوم <sup>(٢)</sup> وأكسيد التانتاليوم هي <sup>(٣)</sup> « عناصر الأرض الحامضية » . ولقد سميت أكسيد العنصر الجديد في ييتريا أيضاً عناصر أرضية - « عناصر الأرض النادرة » ، لأنها أقل شيوعاً من أكسيد الكالسيوم وأكسيد الماغنسيوم . ولذلك تسمى العناصر نفسها بعناصر الأرض النادرة .

وكل هذه العناصر إذا ما أخذت مجتمعة أكثر انتشاراً من النحاس أو الرصاص . وبعض أعضاء السلسلة أكثر انتشاراً من القصدير . ولكن البعض الآخر نادر فملاً . وحتى النادر منها مع ذلك ، أكثر انتشاراً من الذهب والبلاتين .

وتسمى ثلاثة من هذه العناصر كما سبق نسبة إلى « ييتري » وهذه هي التيربيوم <sup>(٤)</sup> رقم ٦٥ ، والإيريوم <sup>(٥)</sup> رقم ٦٨ ، واليتربيوم <sup>(٦)</sup> رقم ٧٠ . ولقد اكتشف التيربيوم والإيريوم « مون سندر » عام ١٨٤٣ من تلك الأجزاء من أرض ييتريا التي سماها آريا والإريا ، بينما اكتشف اليتربيوم « ج . ك . ج . دى مارنيك » عام ١٨٧٨ .

The Identicals (١)

Vanadium (٢)

Tantalum (٣)

Terbium (٤)

Erbium (٥)

Ytterbium (٦)

وهناك شيء، درامى تقريباً حول هذا الموضوع. فليس هناك عنصر مسمى نسبة لمعظم مدن العالم الكبيرة. فلا يوجد عنصر مسمى نسبة إلى لندن أو نيويورك أو موسكو أو طوكيو أو شانغهاى أو برلين أو بوينس آيرس. والمؤكد أن هناك عنصراً واحداً مسمى « نسبة لباويس »، ولكن بعد تحوير طويل فى اسمه. ومع ذلك فنحن نجد ما لا يقل عن أربعة عناصر هى الليثيوم، واليتريوم، والتريوم، والإيريوم وكلها مسماة نسبة إلى مدينة سويدية مجهولة لم يسمع عنها أحد خارج زمانها من قبل.

وهناك عنصران آخران من السلسلة النادرة لهما أسماء مشتقة من أماكن إسكندنافية. فى عام ١٨٧٩ اكتشف كيسيأتى يلقى «ب. ت. كليف» هذين العنصرين وسمى العنصر رقم ٦٧ «الموليم»<sup>(١)</sup> نسبة إلى ستوكهولم عاصمة السويد، وسمى العنصر الآخر رقم ٦٩ «التوليم»<sup>(٢)</sup> نسبة إلى «التيول»<sup>(٣)</sup> وهو اسم قديم لأراضٍ صحرية فى أقصى الشمال.

واكتشف «مارنيك» فى عام ١٨٨٠ العنصر رقم ٦٤ وسماه «جادولنيوم»<sup>(٤)</sup> نسبة لجادولين الفنلندى الذى اكتشف «يتريا» لأول مرة. وبذلك فحوالى نصف العناصر النادرة لها أسماء ذات روابط إسكندنافية ومن أجل هذا سميت «اليتريوم» بالعنصر الإسكندنافى فى عنوان الفصل.

وبالمناسبة، فاجادولنيوم قابل للمقابلة بشكل ضئيل لدرجة غير عادية. إنه العنصر

---

Holmium (١)

Thulium (٢)

Thule (٣)

Gadolinium (٤)

الوحيد صاحب هذه الخاصية إلى جانب الحديد والليكل والكوبالت . ولا يوجد ما هو قابل للمنطقة من العناصر النادرة الأخرى .

ومن الطبيعي أنه ما دامت العناصر النادرة متشابهة لدرجة كبيرة ، فقد صادف الكيميائيون قدراً كبيراً من المصاعب في فصلها عن بعضها . (فأنت تعرف المصاعب القائمة في تمييز التوائم عن بعضها والخلط الذي يمكن أن يحدث ، فليك أن تتخيل عشرة توائم متشابهة)

ولقد وصل الكيميائيون ، لأنهم بشر ، إلى حالة من الضجر . ولقد سمي العنصر رقم ٥٧ ، الذي اكتشفه « مونساندر » عام ١٨٣٩ ؛ « لاثانم » <sup>(١)</sup> من الكلمة اليونانية التي تعني « يغطى » . ولقد كان « ليكوك دي بواسيودران » أكثر صراحة ، فعندما اكتشف العنصر رقم ٦٦ عام ١٨٨٦ سماه « بالديسبروسيوم » <sup>(٢)</sup> من الكلمة اليونانية التي تعني « من الصعب الوصول إليه » .

واللاثانم هو أول العناصر النادرة ، وهو صاحب أدنى رقم . ولهذا السبب ، تدعى العناصر النادرة أحياناً باللاثانيديات . واللاثانم هو أحد العناصر النادرة الأكثر شيوعاً ، وهو يشبه الحديد كثيراً في المظهر .

### مزيد من المتطلبات ( التوائم ) :

اكتشف « أ . فون ولسباخ » سنة ١٨٨٥ العنصرين رقم ٥٩ و ٦٠ وأطلق على العنصر ٥٩ اسم « براسوديوم » <sup>(٣)</sup> نسبة إلى الكلمات اليونانية التي تعني

---

Lanthanum (١)

Dysprosium (٢)

Praseodymium (٣)

« التوأم الأخضر » ، لأنه يكون مركبات ذات لون أخضر . وأطلق على العنصر رقم ٦٠ اسم « نيوديميوم »<sup>(١)</sup> ، وهو مشتق من الكلمات اليونانية التي تعني « التوأم الجديد » . وكلمة توأم في هذين الإسمين تظهر التشابه بين العنصرين وصعوبة التفريق بينهما . ويعتبر النيوديميوم ، مثله كمثل اللانثانم ، من العناصر النادرة للعروقة .

وقد اكتشف « ليسكوك دي بواسيودران » سنة ١٨٧٩ العنصر رقم ٦٢ في معدن روسي كان يسمى « سمارسكيت » نسبة إلى اسم أحد رؤساء منجم روسي كان يدعى سارمارسكي . لذا أطلق المكتشف على العنصر الجديد اسم « ساماريوم »<sup>(٢)</sup> تخليداً لذكره .

ولم تكتشف بعض عناصر الأرض النادرة إلا بعد سنة ١٩٠٠ ، فقد اكتشف « يوجين ديماركاي » العنصر رقم ٦٣ الذي أطلق عليه اسم « أوروبيوم »<sup>(٣)</sup> نسبة إلى أوروبا . وفي سنة ١٩٠٧ اكتشف « ج . أوربان » العنصر رقم ٧١ الذي أطلق عليه « لوتيتيوم »<sup>(٤)</sup> الإسم القديم الروماني لمدينة باريس .

وأكثر هذه العناصر الأرضية انتشاراً هو العنصر رقم ٥٨ . فقد كان أول ما اكتشف في هذه السلسلة . وقد عكش « كلايوت » و « برزايوس » هذا العنصر سنة ١٨٠٣ وأطلقا على العنصر اسم « سيريوم »<sup>(٥)</sup> نسبة إلى كوكب صغير يسمى

Neodymium (١)

Samarium (٢)

Europium (٣)

Lutetium (٤)

Cerium (٥)

« سيرس » الذى تم اكتشافه فى السماء قبل ذلك بستين . والسيريوم هو أسهل عناصر الأرض النادرة التى يمكن فصلها عن الأخرى ، لأنه يتمتع بقليل من الخصائص الكيميائية التى لا توجد فى غيره . وباستغلال هذه الخصائص يمكن فصله من الخلوط .

والسيريوم من الانتشار والسهولة بحيث يمكن تنقيته واستخدامه فى بعض الاستعمالات العملية ، قبل عصر الإضاءة بالكهرباء ، كانت تستخدم غازات الإضاءة أو مصابيح الكيروسين ، وضوءها أغم من المصابيح الحديثة وأكثر صفرة ، بالإضافة إلى تذبذبه . وقد عمد الناس ، لتحسين هذه الأوضاع ، إلى أن يضعوا أسطوانة مسامية تسمى « مصباح الغاز » حول الذهب . ويسطع غطاء المصباح بحرارة الذهب بضوء أكثر ثباتاً وأسطع وأبيض من الذهب نفسه . واكسيد السيريوم هو أحد المواد التى استعملت فى عمل مصباح الغاز ، ويتكون جزيئه من ذرتين من السيريوم وثلاث ذرات من الأكسجين .

ويعتزق السيريوم بلهب أبيض ساطع مثل الماغنسيوم . وهذه خاصية مفيدة . ويمكن عمل سبيكة منه ومن الحديد ممّا ( بنسبة سبعة أجزاء من السيريوم إلى ثلاثة أجزاء من الحديد ، لتكوين « حديد السيريوم » أو معدن « الميتش » (١) وهذا بالألمانية يعنى « الخلووط » ، لأنه يحتوى فعلاً على كميات صغيرة معينة من عناصر الأرض النادرة الأخرى بالإضافة إلى السيريوم . ويستخدم فى ولاعات السجائر لأنه يعطى شرراً أشد حرارة من الحديد أو الصلب بمفرده ، ولذا يسرع إشعال سائل الولاة . وإذا أضيفت فلزات الأرض النادرة إلى الكربون ، تحصل على أضواء القوس الأشد سطوعاً .

وقد ظهرت الحاجة خلال الحرب العالمية الثانية إلى البحث عن طريقة لسهولة فصل العناصر الأرضية النادرة في أبحاث القنبلة الذرية . وقد لجأ الكيميائيون إلى اللدائن اللزيلة للأيونات والأملاح .

فلو سببت محاليل محتوية على مركبات من عناصر الأرض النادرة المختلفة على عمود طويل من جسيمات اللدائن ، لالتصقت المركبات المختلفة باللدائن في أماكن مختلفة وبمقادير متفاوتة من الالتصاق . ولو أمكن معالجتها بطريقة سليمة لانفصلت الواحد تلو الآخر . ويمكن فصل كل منها عن الأخرى . والآن وقد نجحت هذه الطريقة الجديدة في فصل عناصر الأرض النادرة بعضها عن بعض ، فستظهر بلا شك استخدامات جديدة للعناصر الأكثر اقشاراً ، مثل السيريوم واللاتانم والتيتانيوم .

وتعرض عناصر الأرض النادرة للبيح صفقة واحدة . وإذا راجعت ثانياً هذا الباب لوجدت أنني لم أذكر العنصر رقم ٦١ . وليس هذا عفواً ولكني سأشرح السبب في الباب القادم .

وما زال هناك عنصر باقٍ يجب الإشارة إليه قبل الانتهاء من هذا الباب . تقع عناصر الأرض النادرة تحت الييتريوم في الجدول الدوري . وهناك أيضاً عنصر يعلوه مباشرة ، وهو العنصر رقم ٢١ ، ويعتبر ثالث عنصر نبيج «مندليف» في التنبؤ بمخواصه . وقد اكتشفه « ل . ف . نيلسون » سنة ١٨٦٧ وأطلق عليه اسم «سكانديوم» <sup>(١)</sup> . نسبة إلى سكانديناوه . وهذه فرصة طيبة لإعطاء باب تخصص في «العناصر السكنديناوية» .





## الفصل الثالث والعشرون

## اليورانيوم

العناصر الغير مستقر

The diagram shows a grid-based layout with several numbered cells. At the top right is a small square labeled 'G'. Below it is a large grid. In the middle of this grid is a cell labeled '43'. To the right of '43' are three cells labeled '84', '85', and '86'. Below these is a row of cells labeled '87' and '88'. A curved arrow points from the '87' cell down to a cell labeled '61' in a separate row of cells. This row of cells also includes '89', '90', '91', '92', '93', '94', '95', '96', '97', '98', '99', '100', '101', and '102'. Each of these cells has a vertical list of small, illegible text to its left. Above the '61' cell is a small square labeled 'A'.

• الذرات التي تتحطم :

تاولت حتى الآن في هذا الكتاب واحداً وثمانين عنصراً تبدأ من رقم ١ (الإيدروجين) إلى رقم ٨٣ (الليزموث) - أي واحداً وثمانين عنصراً لأننا تركنا العنصرين رقم ٤٣ ورقم ٦١.

وهناك صفة عامة لكل الواحد والثمانين عنصراً التي شرحناها ، فكلها عناصر « مستقرة » . أي لو تركت ذرة من أي من هذه العناصر بمفردها ، فستبقى ذرة من

نفس العنصر إلى مدى الحياة . وزيادة على هذا فإن هذه العناصر الواحدة والعشرين هي كل العناصر الثابتة التي نعرفها ، ويبدو أنها هي التي يمكن أن توجد على شكل ثابت أو مستقر .

ومع ذلك فهي ليست كل العناصر ، فقد ذكرت في مطلع الكتاب أن مجموعها ١٠٢ عنصراً ، فيبقى بعد ذلك واحد وعشرون عنصراً ، وجميعها « غير مستقر » ، أى لو تركت أى ذرة من ذرات هذه العناصر بمفردها ، فستتغير آجلاً أو عاجلاً إلى ذرة من نوع آخر .

ويستمر اليورانيوم العنصر رقم ٩٢ من أشهر هذه العناصر الإحدى والعشرين الغير ثابتة وأهمها ، ونعرفه منذ زمن طويل . وقد اكتشفه « كلاروث » سنة ١٧٨٩ في معدن يعرف باسم « البتسبلند » <sup>(١)</sup> ، وأطلق عليه اسم اليورانيوم نسبة إلى الكوكب « يورانوس » <sup>(٢)</sup> الذي اكتشف في ذلك الوقت .

ويعتوى البتسبلند على « أكسيد اليورانيوم » ، ويعتوى الجزء منه على ثلاث ذرات من اليورانيوم وثماني ذرات من الأكسجين . ومن الصعب جداً تنقية اليورانيوم . ويتشابه في هذا مع التيتانيوم والعناصر المشابهة لأنه نشيط جداً ويلتصق بشوائبه . ولم يتم فصل اليورانيوم كقازقى إلا سنة ١٩٤٢ عندما زادت الحاجة إليه في أبحاث القنبلة الذرية . والقاز له لون فضي وقرب في ثقله من الذهب .

ولم يكن هناك أى استعمال يذكر لليورانيوم في المائة عام التي تلت اكتشافه . بل إن البحث الذي دار عن رواسب البتسبلند في تشيكوسلوفاكيا في القرن السادس عشر ، كان يهدف إلى الحصول على الفضة التي بها . وكادت كل الفضة تستند

Pitchblende (١)

Uranus (٢)

حوالى القرن التاسع عشر - ولكن البحث استمر لفترة من الرصاص . وحتى هذا ترك جانباً . ولم يهتم أحد بحقيقة وجود اليورانيوم إلا فى الأربعينيات من القرن العشرين . وبإضافة بعض مركبات اليورانيوم إلى الزجاج تضى عليه لوناً أصفر فاقعاً . وتستخدم بعض مركبات اليورانيوم فى دهان الصينى - وكانت هذه هى كل استعمالات اليورانيوم تقريباً ، ولم تكن بالكثير كما ترى . وحتى الكيميائيون لم يهتموا بالنصر ، إلا لأن بعض مركباته « تضى ذاتياً » ، أى أنها تتألق بلون أصفر فى وجود الأشعة فوق البنفسجية .

وحدث فى عام ١٨٩٦ ، وبمجرد الصدفة ، أن اكتشف عالم فرنسى فى علم الطبيعة ويدعى « أ . هـ . بكريل » ، أن ذرات اليورانيوم تطلق إشعاعات غريبة بشكل لم يعرف من قبل ( وقد سميت هذه الخاصية فيما بعد النشاط الإشعاعى ) ، وفى الحال أصبح اليورانيوم على درجة كبيرة من الأهمية وبدأ الكثير من الكيميائيين وعلماء الطبيعة يدرسونه .

وقد وجد أن بعض إشعاعات اليورانيوم مكونة من جسيمات أصغر بكثير حتى من الذرات ، وقد سميت الجسيمات « ذوات القدرة » . وتشبه بعض هذه الإشعاعات أشعة إكس وإن كانت أقوى . وقد مات بعض العلماء بتأثير إشعاعات اليورانيوم والعناصر المشابهة له قبل أن يدرك الناس مدى خطورة النشاط الإشعاعى .

وقد توصل العلماء إلى معرفة الكثير مما بداخل الذرات . فقد اكتشفوا أن الذرات تتكون من جسيمات « ذرية » مختلفة الأنواع . واكتشفوا أيضاً كيفية استخدام هذه الجسيمات الذرية لتحويل نوع من الذرات إلى نوع آخر . ( وتسمى هذه التغيرات بالتحولات النووية ) . وقد نجحوا فى بناء « مفاعلات ذرية » لإنتاج طاقة يمكن الاستفادة بها من التفاعلات النووية . كذلك اكتشفوا

طريقة عمل « القنابل النووية » . وهكذا أصبح اليورانيوم الذى كان عديم الفائدة من أقيم العناصر ، وقلماً أفضلها .

ومن أوائل الأشياء التى اكتشفوها عن اليورانيوم أن ذراته تنقسم طول الوقت . فتطلق كل ذرة يورانيوم - سواء أجلاً أو عاجلاً - بعض الجسيمات « النون ذرية » المسكونة لها ، وبقوة كبيرة . والإشعاعات التى اكتشفها « بكريل » ، ما هى إلا هذه الجسيمات الطائرة . وعندما تشع ذرة اليورانيوم فإنها لا تصبح يورانيوم ، بل تصبح نوعاً آخر من الترات .

وقد تساهل عن استمرار وجود اليورانيوم رغم تحطيم ذراته . والإجابة على هذا السؤال هى أن التحطيم يتم ببطء شديد . وتحطم ذرة اليورانيوم يتم عاجلاً أو آجلاً . وغالباً ما يتم بعد حين ، وغالباً بعد أمد طويل . فتنقسم أكثر من مليون ذرة من كل أوقية من اليورانيوم فى الثانية . ولكن هناك بعض الترات متناهية فى الصغر ، ويوجد العديد منها فى أوقية من اليورانيوم ، ولابد من مرور ٥ بلايين سنة تقريباً قبل أن تنقسم نصف هذه الأوقية من اليورانيوم . وبما أن الأرض تبلغ من العمر ٤ بلايين سنة فعلى ذلك مزال اليورانيوم الأصلى موجوداً بيننا ، وكثير من هذا مستمر بيننا لسنوات وسنوات أكثر مالم نستفده فى الطاقة النووية .

« والثوريوم » ، وهو العنصر رقم ٩٠ ، يشابه اليورانيوم فى خواصه ، وقد اكتشفه « بربيليوس » سنة ١٨٢٨ فى معدن رومبى يسمى « ثورايت » نسبة إلى إسم إله ثوردى قديم يسمى « ثور » . ويحتوى الثورايت على سايكلت الثوريوم ، ويحتوى الجزئ منه على ذرة من السليكون وأربع ذرات أكسجين . ويوجد بالولايات المتحدة معدن يحتوى على الثوريوم ويسمى « مونايت » ، وهو يحتوى على ثاني أكسيد الثوريوم ( المعروف باسم الثوريا ) ، ويحتوى الجزئ منه على ذرة ثوريوم وذرتين من الأكسجين .

وقد استخدم ثاني أكسيد الصوديوم في حمل مصابيح الغاز التي سبق ذكرها والتي تتكون من ٩٩٪ من ثاني أكسيد الثوريوم. ولكن نظراً لأن ثاني أكسيد الثوريوم النقي لا يشع إلا ضوءاً ضعيفاً بالتسخين ، فيضاف ١٪ من أكسيد السيريوم لزيادة توهج الضوء .

ومع أن هذه المصابيح الغازية قد استبدلت بشكل واسع بالأضواء الكهربائية فيها ما زالت تستخدم في بعض الأماكن . وأكسيد الثوريوم غني ، فإذا أضيف جزء منه إلى التنجستن ، أطال عمر أسلاك الأضواء الكهربائية .

والثوريوم مثل اليورانيوم مشع ، وينطلق منه نفس النوع من الإشعاعات ، ولو أن الثوريوم يتحطم ببطء أكثر من اليورانيوم ولم يتم تحطيم الثوريوم منذ تكون الأرض .

#### سلالة العناصر المشعة :

عندما تتحطم ذرات اليورانيوم والثوريوم تتحول إلى أنواع أخرى من القرات . وهذه بدورها ، بما أنها مشعة أيضاً ، تتحطم بعد ذلك إلى أنواع أخرى من الذرات ، وهي مشعة أيضاً . وأخيراً بعد أكثر من اثنتي عشرة عملية ، تتكون ذرة ثابتة ، وهذه الذرة الثابتة ما هي إلا ذرة رصاص .

ومن بين الذرات التي تتكون في الطريق من اليورانيوم والثوريوم ( رقم ٩٢ / ٩٠ ) إلى الرصاص ( رقم ٨٢ ) توجد كل العناصر التي أرقامها من ٨٤ إلى ٩١ . وهي جميعاً عناصر مشعة وغير ثابتة . وزيادة على هذا ، فهي تتحطم بسرعة أكبر من اليورانيوم والثوريوم . ولو كانت هذه العناصر من ٨٤ إلى ٩١ فائتة بذاتها حتى بكميات كبيرة ، لانتبت في ملايين قليلة من السنين على أكثر تقدير ، وانتهى بعضها في أيام معدودات ، ولما وجد أي منها حالياً ، إذ أن عمر الأرض

يبلغ ٤ بلايين سنة ، طالما لم تتكون إمدادات جديدة مستمرة من اليورانيوم والثوريوم .

وعلى ذلك فن الطبيعي أن تحتوى المعادن الموجودة فيها اليورانيوم والثوريوم على كميات صغيرة أيضاً من تاج هذه العناصر . ولهذا السبب ما زال « البتشمبلند » مشعاً رغم زوال كل اليورانيوم الموجود به .

وقد اشتغل كل من « بير ومارى كورى » (زوج وزوجته كغريق) على البتشمبلند الذي زال منه اليورانيوم ، وقد حاولا فصل العناصر المشعة المتبقية . ويمكنك تصور مدي هذه الصعوبة عندما أخبرك أن تاج العناصر المشعة في البتشمبلند تبلغ أقل من جزء من ثلاثة ملايين . فيحتوى الطن من البتشمبلند على ١٠٠٠ تقريباً من الأوقية فقط من المادة التى كانا يبحثان عنها . ومن حسن الحظ كان لديها عربتان محملتان بالخطم الذى يشتغلان عليه . وقد منحتها الحكومة التماسوية ( التى كانت تحكم تشيكوسلوفاكيا فى ذلك الحين ) هذه المادة « المدبغة الفائضة » بدون مقابل . وكان عليها أن ينفخا مصاريق الشحن ، وقد كبدهما هذا كل ما كانا يمتلكانه من النقود .

وقد نجحا فى الوصول إلى ما كانا يبحثان عنه ، فقد اكتشفا سنة ١٨٩٨ « البولونيوم »<sup>(١)</sup> وهو العنصر رقم ٨٤ وأطلقا عليه هذا الاسم نسبة إلى موطن « مدام كورى » - بولنده . وفى أواخر نفس العام اكتشفا « الراديوم » ، عنصر رقم ٨٨ ، فى شكل مركب وتوصلوا إلى تحضير فلز الراديوم نفسه سنة ١٩١٠ . وقد اشتق اسمه من الكلمة اللاتينية التى تعنى « شعاع » ، وكلا المنصرين أكثر إشعاعاً من اليورانيوم والثوريوم . وقد استخدمت إشعاعات الراديوم القوية فى

قتل خلايا السرطان في جسم الإنسان . ولكن هذه العملية يجب أن تتم بمنتهى الحرص ، لأن الإشعاعات ذاتها قد تسبب السرطان . ولدينا الآن وسائل حديثة أمينة لاستخدام النشاط الإشعاعي في مثل هذه الأغراض . ومع أن هذه العناصر غير ثابتة إلا أن لها مكاناً في الجدول الدوري مع العناصر الثابتة . والراديوم عنصر أرضى قلوى وهو يشبه كثيراً الباريوم في خواصه الكيميائية ، ويقع مكانه تحت الباريوم مباشرة ، كما يقع البولونيوم تحت التيلوريوم ويشابهه في خواصه الكيميائية .

وعندما تتحطم ذرة الراديوم فإنها تكون ذرة من الرادون ، وهو العنصر رقم ٨٦ ، وهو غاز مشع ويتلاءم مكانه مع عمود الغازات الخاملة في الجدول الدوري تحت الزينون مباشرة . وله كل الخواص الكيميائية التي للغازات الخاملة الأخرى .

واكتشف الرادون كيميائى يدعى « ف . ا . دورن » سنة ١٩٠٠ ، وأطلق عليه اسم « إشعاع الراديوم » . وقد جمع كل من « رامزى » و « و . ا . إيتلوجواى » الغاز سنة ١٩٠٨ وأطلقا عليه اسم « نيتون » نسبة إلى كلمة يونانية تعني لأمم ، ومع ذلك أصبح الاسم الرسمى سنة ١٩٢٣ هو « رادون » لإظهار أن هذا الغاز مشتق من الراديوم .

واكتشف كيميائى يدعى « ا . ل . دوبيرن » سنة ١٨٩٩ العنصر رقم ٨٩ ، وأطلق عليه اسم « أكتينيوم » <sup>(١)</sup> وهو مشتق من الكلمة اليونانية التى تعنى « أشعة » . وفى سنة ١٩١٧ أعلن زوجان مختلفان من الكيميائيين (نوردليكسودى ، و . ر . ح . ا . كرانستون ) بإنجلترا ، وأنطوان وليزميز بألمانيا) اكتشاف العنصر رقم ٩١ . وبما أنه ، عندما يتحطم منتج أكتينيوم فقد أطلقوا عليه « بروكتينيوم » <sup>(٢)</sup> .

Actinium (١)

Protactinium (٢)



ومقطع «بروت» في الكلمة اشتق من الكلمة اليونانية التي تعنى «أولا»،  
ويعنى آخر «الأكتينيوم» كان قبل ذلك «بروتكتينيوم».

ويتمتع غازان آخران من تحطيم الثوريوم والأكتينيوم (وسأذكر المنصر  
الثاني بالتفصيل بعد لحظة). وقد سميا «ثورون» و«أكتينيون» على التوالي،  
وقد اتضح أنهما نوعان من الرادون. ولقد قدمت بعض الاقتراحات بتسمية المنصر  
«إيمانون» (من كلمة emanation بالإنجليزية)، إذ أنه لم يتكون من تحطيم الراديوم  
فقط مثل الرادون.

ويتبقى بعد ذلك المنصران ٨٥ و ٨٧ وهذان المنصران غير ثابتين بشكل كبير،  
ويتحلطان بسرعة كبيرة حتى لا يتبقى منهما إلا جزء صغير.

### الثورات الأخيرة :

وبعد اكتشاف الرينيوم<sup>(١)</sup> سنة ١٩٥٢ لم يبق في الجدول الدوري إلا أربعة  
أما كن شاعرة تفصلها العناصر رقم ٤٣ و ٦١ و ٨٥ و ٨٧ وكان من الواضح أن  
المنصرين رقم ٨٥ و ٨٧ مشتقان. وكان من المعتقد أنهما من العناصر غير  
الثابتة جداً ولذا فن السحب الحصول عليهما.

وعلى العكس من ذلك المنصران رقم ٦٣ و ٦١ فإنهما محاطان بعناصر ثابتة،  
ولذلك ظن الجميع أنها لا بد أن يكونا ثابتين.

ووجد المنصر رقم ٤٣ فوق الرينيوم مباشرة في الجدول الدوري. وفي  
عام ١٩٢٥ أعلن نفس الكيميائي الألماني الذي اكتشف الرينيوم اكتشاف

العنصر رقم ٤٣ ، وهو «الإكمانجينز» <sup>(١)</sup> الذى أشرت إليه مع الرينيوم فى نهاية الفصل التاسع عشر. وقد أطلقوا عليه اسم «مازوريوم» <sup>(٢)</sup> نسبة إلى منطقة فى شرق ألمانيا تسمى «مازوريا». وقد عرفنا الآن أن العنصر ٤٣ غير ثابت ، وزيادة على ذلك بما أنه لم يتكون من أى عنصر آخر فلا يوجد شيء منه فى الأرض . وعلى ذلك فلا بد أن الكيميائيين الذين أعلنوا عن اكتشاف للمازوريوم قد أخطأوا .

وقد حدث نفس الشيء مع العنصر رقم ٦١ بطريقة مزدوجة ، فقد أعلن بعض الكيميائيين الأمريكان اكتشافه سنة ١٩٢٦ ، وقد أطلقوا عليه «إلينيوم» <sup>(٣)</sup> نسبة إلى ولاية «إلينوى» . وقد أعلن بعض الكيميائيين الإيطاليين أنهم أول من اكتشفوه ، وأطلقوا عليه اسم «فلورنتيوم» <sup>(٤)</sup> نسبة إلى مدينة إيطالية فى فلورنسا . ودأب جدال عنيف حول هذا الموضوع ولا بد أن كلا من هاتين المجموعتين قد أخطأتا لأن العنصر رقم ٦١ أقل ثباتاً من العنصر رقم ٤٣ ولا يوجدان فى التربة .

ولكن كيف نعرف كل شيء عن العنصرين رقم ٤٣ و ٦١ إذا لم يوجد فى التربة ؟ لقد نجح عالم بريطانى سنة ١٩١٩ ويدعى «إرنست رذرفورد» فى معرفة طريقة لتحويل نوع من الذرات حتى الثابت منها إلى نوع آخر وذلك بإطلاق جسيمات «دون ذرية» عليها . وبعضى الوقت أمكن عمل تحمسينات كبيرة فى هذه العملية ، وزادت مهارة العلماء فى تعنيف أنواع جديدة من الذرات .

وحدث بمحض الصدفة أن ظم كيميائيان شابان سنة ١٩٣٧ هما «س. بريير»،

eka — Manganese (١)

Masurium (٢)

Illinium (٣)

Florentium (٤)

و « ١٠ سجرى » بدراسة على عينة من العنصر رقم ٤٢ « موليبدنم الذى سبق أن أطلقت عليه جسيمات دون ذرية ، وقد وجدت فيها ذرات جديدة التكوين لنوع جديد من العناصر ، عنصر لا يوجد فى الأرض . وكان هذا العنصر رقم ٤٣ المجاور للموليبدنم فى الجدول الدورى ، وقد أطلقا عليه اسم « تكنيتيوم <sup>(١)</sup> » وهو مشتق من كلمة يونانية تعنى « صناعى » . وقد أمكن الحصول على كميات منه تكني دراسة خواصه ، وأصبح التكنيتيوم الاسم الرسمى للعنصر رقم ٤٣ . واختق المازوريوم وانتهى ، وأصبح التكنيتيوم هو أول « عنصر صناعى » تم صنعه .

وكنا أنتج ثلاثة كيميائيين فى سنة ١٩٤٨ وم « ج. ا. مارينسكى » و « ل. ا. جلدنين » و « د. د. كوربل » ذرات العنصر رقم ٦١ وأطلقوا عليه اسم « برومثيوم <sup>(٢)</sup> » نسبة إلى « برومثيوس » المارد اليونانى الذى أحضر النار من السماء لتستخدمه البشرية ( ويحتمل أنهم كانوا يفكرون فى نار القنبلة الذرية التى هى فى الحقيقة نوع من النار التى تضىء الشمس ) وأصبح اسم العنصر الرسمى « برومثيوم » .

وفيا يختص بالعنصرين رقم ٨٥ و ٨٧ فقد أعلن أحد الكيميائيين فى سنة ١٩٣٠ أنه قد اكتشفها ، وقد أطلق على العنصر رقم ٨٥ اسم « الأبامين » ، وعلى العنصر ٨٧ اسم « فرجينيوم » نسبة إلى اسمى ولايتى ألاباما وفرجينيا ، وقد شك فى ذلك معظم الكيميائيين الآخرين .

ويستمر التكنيتيوم أكثر هذه العناصر جميعاً مقدرة فى التوصيل الكهربائى فى درجات الحرارة المرتفعة ( أعلى من الصفر بمقدار إحدى عشرة درجة ) ، ولو أن بعض السبائك تحوّلها قليلا ( ولكن ليست العناصر الثقيلة ) . وبعض مركبات

Technetium (١)

Promethium (٢)

التكنيتيوم وللمسماة « بيرتكينيات » لها المقدرة على منع تآكل الحديد والصلب . ولهذا الغرض يغمر المعدن في محلول البيرتكينيات فقط . والتكنيتيوم نادر الوجود ومرتفع التكاليف مما جعل هذه الطريقة غير تجارية . ومع ذلك فإن الكيمائيين ما زالوا يدرسون هذه النقطة باهتمام لدراسة المزيد عن مشكلة التآكل .

وفي سنة ١٩٣٩ اكتشفت كيميائية فرنسية تدعى « ما رجريت براى » ، بطريقة قاطعة ، العنصر رقم ٨٧ بين نواتج تحطيم اليورانيوم ، وأطلقت عليه أولا الاسم أكتينيوم « ك » ، ثم أطلقت عليه بعد ذلك اسم « فرانسسيوم <sup>(١)</sup> » نسبة إلى فرنسا . وقد قبل هذا الاكتشاف واستقر اسم « فرانسسيوم » كالاسم الرسمي . وفي السنة التالية سنة ١٩٤٠ أنتج كل من « د . ب . كورسون » و « ك . ر . ما كزى » و « ٠١ سجرى » العنصر رقم ٣٥ واسموه « أستاتين <sup>(٢)</sup> » مشتقاً من الكلمة اليونانية التي تعنى « غير ثابت » ، وأصبح هذا هو الاسم الرسمي لذلك العنصر .

وأصبح كل من الأستاتين والفرانسسيوم عضوين في مجموعات مشهورة من العناصر . والفرانسسيوم فلز قلوى يتلاءم مكانه في الجدول الدورى تحت الميزيوم مباشرة . أما الأستاتين فهو هالوجين يتلاءم مكانه في الجدول الدورى تحت اليود مباشرة .

والأستاتين والراحدون هما العنصران الوحيدان غير الثابتين بين اللافلزات . ولذلك ترى أن اسم كل منهما ينتهى بـ « ين » أو « ن » ، وبذلك تنتهى من قائمة اللافلزات التى يبلغ عددها ٢٢ . وقد اكتشف الأستاتين سنة ١٩٤٣ بين نواتج اليورانيوم .

---

Francium (١)

Astatine (٢)

### أعلى من أعلى رقم :

وما أن أتى عام ١٩٤٨ حتى ملئ آخر مكان شاغر في الجدول الدوري . ومع ذلك لم يتوقف اكتشاف العناصر الجديدة واستمر اعتبار اليورانيوم عنصر رقم ٩٢ ، لفترة مائة وخمسين عاماً ، على أنه آخر العناصر . ومع ذلك ، لماذا لا توجد عناصر أرقامها أعلى من ٩٢ ؟

لا يوجد ما يمنع من وجود مثل هذه العناصر . فقد بدأت مجموعة من العلماء الأمريكيين وعلى رأسها العالم المشهور « ج . ف . سيبورج » ، تنتج عناصر جديدة الواحد تلو الآخر ، وأرقامها أعلى من ٩٢ . وهم يعملون بجامعة كاليفورنيا في باركلي ، حيث ينتج التكنيتيوم والأستاتين ، وهما من بين العناصر التي أرقامها أقل من ٩٢ . أما البرومثيوم ، فقد أنتج في مدينة أوك ريدج بولاية تينيسى .

وتقع هذه المجموعة من العناصر بعد اليورانيوم في الجدول الدوري ، وهي معروفة باسم « العناصر بعد اليورانيومية » ، ولكنها غير ثابتة ( باستثناء واحد ) ، ولا توجد بشكل طبيعي في التربة .

وفي سنة ١٩٤٠ أمكن إنتاج العنصرين رقم ٩٣ و ٩٤ . وبما أن اليورانيوم عنصر رقم ٩٢ قد نسبوا تسميته إلى الكوكب « يورانوس » . فان العنصرين ٩٣ و ٩٤ نسب اسمهما إلى الكواكب السيارة التي تلي يورانوس وهما « نبتون » ، و « بلوتو » . لذا أسمى العنصر ٩٣ ، « نبتونيوم »<sup>(١)</sup> ، والعنصر ٩٤ « بلوتونيوم »<sup>(٢)</sup> . وكان « ا . م . ماكيلان » و « ب . أبلسون » هما أول من اكتشفا عنصراً بعد اليورانيوم . وفي سنة ١٩٥١ منح كل من ماكيلان وسيبورج جائزة نوبل للكيمياء لأبحاثهما عن عناصر ما بعد اليورانيوم .

NePlutonium (١)

Plutonium (٢)

وأحياناً يتم تحطيم ذرات اليورانيوم بطريقة تسمح بتكوين ذرات البلوتونيوم، ولم تكتشف إلا كميات صغيرة جداً منه في خامات اليورانيوم . وعلى ذلك فالبلوتونيوم هو المنصر الوحيد بعد اليورانيوم الذى يوجد فى الطبيعة ، وهو المنصر الموجود فى الطبيعة ذو أعلى رقم ذرى . وقد أمكن صنع البلوتونيوم الصناعى بكميات تسمح باستعمال أربطال وأربطال منه فى مؤسسات الطاقة الذرية والقنابل الذرية .

وقد ثبت وجود البلوتونيوم فى الطبيعة . وتحتوى خامات اليورانيوم عادة على البلوتونين ولكن بكميات قليلة . ويبلغ البلوتونيوم جزءاً من مائة زليون من اليورانيوم الموجود فى الخام وينتج من بعض التحولات الإشعاعية التى تحدث لليورانيوم . وكذا يجب وجود النبتونيوم ، وهو موجود بكميات أصغر من البلوتونيوم .

وقد لوحظ فى الحال أن النبتونيوم والبلوتونيوم لهما نفس الخواص الكيميائية الموجودة فى اليورانيوم والثوريوم . وقرر العلماء أنهم يواجهون ثانياً حالة « عناصر أرضية نادرة » أى سلسلة من العناصر الشديدة التشابه .

ولما كانت هذه السلسلة تبدأ بمنصر الأكتينيوم ، فقد أطلق على العناصر اسم « الأكتينيدات <sup>(١)</sup> » كما أطلقوا على السلسلة الأولى اللانثانيدات <sup>(٢)</sup> . وقد وضعت الأكتينيدات تحت اللانثانيدات مباشرة فى الجدول الدورى . فالأكتينيوم تحت السلانثانم والثوريوم تحت السيريوم ، والبروكثاكتينيوم تحت البراسودينيوم ، واليورانيوم تحت الثيوديميوم ، والنبتونيوم تحت البروميثيوم ، والبلوتونيوم تحت الساماريوم .

Actinides (١)

Lanthanides (٢)

واستمر رجال جامعة كاليفورنيا في إنتاج عناصر جديدة . وقد تم اكتشاف  
العنصر رقم ٩٥ في سنة ١٩٤٤ . ولما كان مكانه يلائم تحت « الأورويوم » فقد  
أطلقوا عليه اسم « أميريكوم »<sup>(١)</sup> نسبة إلى أمريكا كنوع من التوازن .  
وفي سنة ١٩٤٦ تم اكتشاف العنصر رقم ٩٦ ومسكانه يتفق تحت الجادولينيوم  
الذى أطلقوا عليه هذا الاسم نسبة إلى اسم كيميائي لب دوراً هاماً في تاريخ  
عناصر الأرض النادرة . وعلى ذلك فقد أطلقوا على العنصر رقم ٩٦ اسم  
« كوريوم »<sup>(٢)</sup> نسبة إلى آل كورى الذين لمبادوراً هاماً في تاريخ النشاط  
الإشعاعى .

وتتشابه الأكتينيدات مع اللانثانيدات في بعض الخواص الكيميائية . ومثال  
ذلك أن الثوريوم يوجد عادة في خامات تحتوى على اللانثانيدات ، ويحتوى  
« المونازيت » وهو خام الثوريوم الرئيسى على لانتانيدات أيضاً . والخطوات  
الكيميائية التى تركز عنصر معيناً في مكان معين من الأرض هى نفس الخطوات  
التي تركز أى عنصر له نفس الخواص في نفس المكان . وهذا يفسر وجود كل  
اللانثانيدات مع بعضها ، كما يفسر لماذا يوجد الما فنيوم في خامات الزركونيوم ،  
ولماذا يوجد الكاديوم في خامات الحارصين ، ولماذا توجد فلزات البلاتين في  
خامات النيكل . . . الخ .

وفي سنة ١٩٤٩ تم اكتشاف العنصر رقم ٩٧ وفي سنة ١٩٥٠ اكتشف  
العنصر رقم ٩٨ ، وأطلق عليها « بركليوم »<sup>(٣)</sup> و « كاليفورنيوم »<sup>(٤)</sup> نسبة  
إلى المدينة وللناطق التى تم بها هذا الاكتشاف .

Americium (١)

Curium (٢)

Berkelium (٣)

Californium (٤)

وفي عام ١٩٥٤ اكتشف المنصران ٩٩ و ١٠٠ ولم تم تسميتها رسمياً إلا سنة ١٩٥٥ ، وأطلق على المنصر رقم ٩٩ اسم « أيفشتنيوم »<sup>(١)</sup> نسبة إلى العالم الألماني « ألبرت أيششتاين » ، وأطلق على المنصر رقم ١٠٠ اسم « فيرميوم »<sup>(٢)</sup> نسبة إلى العالم الإيطالي « إنريكو فيرمي » ( وقد أصبحوا مواطنين أمريكيين في أواخر حياتهما ) . وقد اكتشف كل من أيفشتين وفيرمي اكتشافات هامة سهلت على الباحثين دراسة الفترة .

وفي عام ١٩٥٥ تم اكتشاف المنصر رقم ١٠١ وأطلق عليه اسم مندلييفيوم<sup>(٣)</sup> نسبة إلى الكيميائي الروسي « مندلييف » ، وهو أول من وضع الجدول الدوري . وأخيراً في عام ١٩٥٧ كون فريق من العلماء الأمريكيين والإنجليز والسويديين الذين يعملون في معهد نوبل للطبيعة في ستوكهولم المنصر رقم ١٠٢ وأطلقوا عليه اسم « نوبليوم »<sup>(٤)</sup> نسبة إلى المعهد الذي سمي باسم « ألفريد نوبل » ، خير المبرعات السويدي العظيم الذي اخترع الديناميت والذي كرس مبلغاً كبيراً لجائزة نوبل الشهيرة بعمد وفاته .

والآن هل سيكتشف المزيد من العناصر ؟ ربما . لقد زادت صعوبة الاكتشافات أكثر ، فكل عنصر بعد اليورانيوم يزداد علم ثباته عن المنصر الذي يسبقه وتصبح دراسته . ومع ذلك فالكيميائيون يطعمون في الوصول إلى المنصر رقم ١٠٤ لأن المنصر رقم ١٠٣ ينهي سلسلة الأكتينيدات . وسيكون للمنصر رقم ١٠٤ خواص جديدة ومختلفة وسيقع تحت الهافنيوم في الجدول

---

Einsteinium (١)

Fermium (٢)

Mendelevium (٣)

Nobelium (٤)



الدورى . وسيكون هذا إيماناً أخيراً لفائدة الجدول الدورى . وحتى لو لم نصل إلى العنصر رقم ١٠٤ فلن يحتاج الكيميائيون لمزيد من الإثبات على فائدة ذلك الجدول .

وهكذا نجد مائة عنصر واثنين ( واحد وعشرون منها عناصر ثابتة ) يتكون منها كل شئ في الكون ، بما في ذلك أنت وأنا وأبعد نجوم العالم .



																		Hydrogen																				Helium	
Lithium		Beryllium																																					
Sodium		Magnesium																																					
Potassium		Calcium		Scandium	Titanium	Vanadium	Chromium	Manganese	Iron	Cobalt	Nickel	Copper	Zinc	Gallium	Germanium	Arsenic	Selenium	Bromine	Krypton																				
Rubidium		Strontium		Yttrium	Zirconium	Niobium	Molybdenum	Technetium	Ruthenium	Rhodium	Palladium	Silver	Cadmium	Indium	Tin	Antimony	Tellurium	Iodine	Xenon																				
Cesium		Barium		Lanthanum	Cerium	Neodymium	Praseodymium	Europium	Gadolinium	Terbium	Ytterbium	Gold	Mercury	Thallium	Lead	Bismuth	Poison	Polonium	Radium																				
Francium		Radium		Actinium																																			
				Actinium	Thorium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Americium	Curium	Berkelium	Californium	Einsteinium	Mendelevium	Nobelium	Lutetium	Ytterbium	Lanthanum																				
				Actinium	Thorium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Americium	Curium	Berkelium	Californium	Einsteinium	Mendelevium	Nobelium	Lutetium	Ytterbium	Lanthanum																				





الناشر  
دار النهضة العربية  
القاهرة

Bibliotheca Alexandrina



0428669

٢٤